

Министерство образования и науки РФ
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)

**VI НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**



**Сборник материалов конференции
22 – 24 марта 2018 г.**

Санкт-Петербург
2018

ННБ VI, Санкт-Петербург, 22 – 24 марта 2018

УДК 001.2

VI НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 704 с.

Организаторы:

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ПАО «Светлана», Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Компания ООО «ОПТОСЕНС», АО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «ВЕКТОР», ООО «Ультразвуковая техника - ИНЛАБ», ООО «ЭС ЭМ СИ Пневматик», дочерние общества и организации ПАО «Газпром»

Тематика конференции включает следующие направления

- Радиотехника и инфокоммуникационные технологии
- Электроника и оптоэлектронные приборы
- Наноматериалы и нанотехнологии
- Информатика в технических системах и вычислительная техника
- Системный анализ и информационная безопасность
- Математика и программная инженерия
- Механотроника и робототехника
- Электропривод, автоматика и энергосбережение
- Приборостроение
- Биомедицинская инженерия
- Управление качеством
- Менеджмент инноваций и антикризисный менеджмент

Сборник материалов содержит доклады, представленные на VI Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 22 – 24 марта 2018 года в Санкт-Петербурге. Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники. Все доклады проходят рецензирование.

Научно-практическая конференция проведена при финансовой поддержке СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Оглавление

ИНФОРМАТИКА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	19
Study of the advantages of introducing an automated system for testing students' knowledge	19
<i>К. Atto</i>	
Методы построения веб-сервисов для расчета стационарного режима в системах дистанционного обучения.....	21
<i>Е. Д. Балалаева</i>	
Компьютерное распознавание лица человека	23
<i>Д.А. Безденежных, Е.В. Станевич, А.Д. Жебрун</i>	
Выявление зависимости характера трещинообразования от перепадов температур.....	25
<i>В.С. Белоусова, А.В. Григорьева</i>	
Разработка мобильного приложения «Умный трекер».....	28
<i>Ф. М. Бимбетов</i>	
Применение методов параллельных вычислений к запросам в базах данных	30
<i>Л.М. Веретенников, Е.В. Станевич, А.В. Табаков</i>	
Сравнительный анализ выполнения высокопроизводительных вычислений с использованием технологии MPI.....	34
<i>Д.А. Грачева, Е.А. Малинина</i>	
Алгоритм архивации базы данных, работающей в системе реального времени.....	36
<i>А.Д. Дедов, Н.С. Кондыбаев, В.В. Широков</i>	
Применение перечня возможностей на персональных компьютерах.....	37
<i>Д.С. Дементьев</i>	
Нейросетевая система оценки усталости человека по изображению лица.....	39
<i>А.Д. Жебрун, М.Ю. Уздяев, Д.А. Безденежных</i>	
Оценка длины периода нестационарных процессов в облачных системах	41
<i>С.А. Жмылёв, И.Г. Мартынчук, В.Ю. Киреев</i>	
Система обнаружения дорожных знаков в видеопотоке	43
<i>К. М. Зайдулин, С. М. Зайдулин, Ш. С. Фахми</i>	
Обнаружение и классификация автотранспорта на изображении	47
<i>С.М. Зайдулин, К.М. Зайдулин, Я. Хасан, Ш.С. Фахми</i>	
Сегментация объектов базы данных с применением ABC-анализа.....	51
<i>М.Е. Ибрагимова</i>	
Разработка потокобезопасных префиксных деревьев для многоядерных вычислительных систем	55
<i>И.В. Кановский</i>	
Алгоритм выявления аномалий во временных рядах при анализе данных банковских и телекоммуникационных систем	57

<i>Ю.В. Катенко</i>	
Характеристика и сравнение методологий разработки	61
<i>А.В. Костина, А. Ю. Кунац</i>	
Перспективы применения дополненной реальности и ее социальные последствия	63
<i>С.В. Кравчук</i>	
Разработка информационной системы для анализа личного потребительского спроса.....	68
<i>Д.А. Кудин</i>	
Исследование системы менеджмента качества (QMS) в IT-компаниях.....	71
<i>А.Ю. Кунац, А.В. Костина, М.А. Стельмах</i>	
Использование приближенного метода для выполнения основных проблемных операций в СОК.....	72
<i>И.Н. Лавриненко, Е.И. Шульга</i>	
Децентрализованная бесплатная WI-FI сеть на основе технологии блокчейн	76
<i>О.А. Ленец, М.Д. Маркин, В.Д. Цветков</i>	
Разработка системы автоматического управления вакуумной технологической установкой ВУП-11М на основе микрокомпьютера Raspberry Pi	79
<i>Е.И. Малеванная, Д.Д. Васильев, К.М. Моисеев</i>	
О применении виртуализации для проектирования замкнутой системы управления нейтрализацией выхлопных газов автомобиля.....	82
<i>Е.А. Малинина, Н.Р. Солодушенков, Д.А. Грачева</i>	
Финансирование стартапов через первичное размещение токенов.....	84
<i>М.Д. Маркин, М.С. Слабченко, В.Д. Цветков</i>	
Управление системой «Умный дом» посредством WI-FI соединения.....	86
<i>А.А. Мирко</i>	
Способы улучшения качества обработки цифровой картографической информации в навигационных системах	87
<i>В. Г. Миснянкин, Д. С. Дементьев</i>	
Реализация дискретного косинусного преобразования для сжатия изображений и видео с применением вычислений на графических процессорах.....	89
<i>А. В. Веденин, С. М. Морозов</i>	
Реализация потокобезопасных списков с пропусками без использования блокировок	90
<i>А.Р. Омельниченко, В.А. Смирнов, А.А. Пазников</i>	
История и перспективы развития операционных систем реального времени в корабельных боевых информационно-управляющих системах	91
<i>А.И. Павлов</i>	
Разработка системы крауд-вычислений на базе технологий умных контрактов	95
<i>А.Б. Светлов</i>	
Нетривиальные возможности нейронных сетей	98
<i>М.С. Слабченко., М.Д. Маркин, О.А. Ленец</i>	

Трансляция БД с MySQL в MongoDB	102
<i>Е.В. Станевич, Д.А. Безденежных, Л.М. Веретенников</i>	
Исследование систем естественного-языковых интерфейсов к базам данных.....	104
<i>М. А. Стельмах, А. Ю. Кунац</i>	
Потокобезопасные структуры данных с ослабленной семантикой выполнения операций.....	105
<i>А. В. Табаков, Л. М. Веретенников</i>	
Управление восприятием интеллектуального агента в среде виртуального футбола	107
<i>А. В. Табаков</i>	
Система адаптивного управления процессом обработки деталей на станках с ЧПУ	109
<i>Т.И. Лапина, Хасан Язид Абдулхамид Абдула</i>	
Автоматизация процесса заключения договоров с помощью смарт-контрактов в децентрализованной сети blockchain.....	112
<i>В.Д. Цветков, О.А. Ленец, М.С. Слабченко</i>	
Применение метода динамического программирования для оптимизации пространства радиоэлектронной аппаратуры	116
<i>Чан Тхань Дат</i>	
Метод автоматизированного обнаружения и исследования лесных пожаров.....	119
<i>Н.Н. Шваров, Я. Хасан, Ш.С. Фахми</i>	
Система бесконтактного учета посещаемости массовых мероприятий волонтерами	123
<i>Н.Н. Шувалов</i>	
Разработка личного кабинета учетной записи волонтера для чемпионата мира по футболу FIFA 2018™	126
<i>Н.Н. Шувалов</i>	
Устройство управления аналого-цифровым преобразователем	127
<i>И.А. Яценко</i>	
Имитация динамической сети для тестирования методов маршрутизации..	131
<i>К.С. Яшина</i>	

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

135

Эффективность применения мембранных конструкций для защиты акустической информации	135
<i>Г.Д. Асяев, К.Ю. Никольская</i>	
Эргономическое обеспечение проектирования ситуационного центра	138
<i>П.А. Велевач, В.А. Грабнюк</i>	

Влияние корреляции показателей на результат многокритериального ранжирования.....	143
<i>Е.А. Галушко</i>	
Системный подход к разработке тренинговой системы для получения навыков	146
<i>Т.С. Карпова, С.Ю. Малышева</i>	
Анализ проблемы обнаружения распределенных атак типа «отказ в обслуживании»	148
<i>А.С. Синьков, М.П. Медведев, К.Ю. Никольская</i>	
Роль человека-оператора в системе «Человек-машина» на стартовом комплексе космодрома	152
<i>М.О. Ничипорович, Б.Н. Улюмджиева</i>	
Лингвистическая идентификация в расследовании киберинцидентов.....	154
<i>В.А. Позволенко, А.А. Воробьева</i>	
Фриланс в Республике Беларусь: проблемы и перспективы	155
<i>Ю.В. Ралкова</i>	
Использование прототипов при создании сайтов	158
<i>М.А. Сарсенов, Н.В. Сергеев</i>	
Пользовательские интервью и как их проводить	160
<i>Н.В. Сергеев, М.А. Сарсенов</i>	
Повышение доверия к Web - данным на основе онтологического описания метаданных	163
<i>А.А. Солдаткина</i>	
Разработка пользовательского интерфейса системы продажи и оформления билетов на ж/д транспорте оператором-кассиром	165
<i>В.В. Угрюмов, М.А. Ерёмкина</i>	
Информационная безопасность организации: из чего она состоит	169
<i>Б.Н. Улюмджиева, М.О. Ничипорович</i>	
Цифровая экономика и развитие технологии блокчейн	171
<i>Ю.В. Фурадзева</i>	
Эргономика и стратегии развития для будущего	174
<i>Хо Тхю Ханг</i>	

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖИНЕРИЯ..... 179

Особенности проектирования библиотеки для создания универсальных чат-ботов на платформе .NET	179
<i>А.В. Бережных, Д.А. Григорьев</i>	
Исследование зон покрытия системами спутниковой связи.....	183
<i>И.М. Дронников</i>	
Применение дискриминантного анализа в задаче классификации цианобактерий	186
<i>Т.Р. Жангиров, П.А. Перков</i>	

Применение нейронных сетей для управления инвестиционным портфелем.....	190
<i>А.О. Кудрявцев, Д.А. Григорьев</i>	
Анализ влияния репутационных рисков на результативность процессов жизненного цикла программных средств	194
<i>Ю. Марущак</i>	
Реализация электронной подписи в подсистеме обеспечения эксплуатации и сервисного обслуживания ГАС "Выборы"	196
<i>П.Д. Осмоловский, С.А. Романенко</i>	
Исследование градиентных методов обучения многослойных нейронных сетей в задачах классификации.....	200
<i>А.С. Перков, Т.Р. Жангиров</i>	
Восстановление изображений с известным ядром размытия.....	204
<i>М.И. Рымарь</i>	
Исследование и реализация адаптивных моделей обучения тренеров дельфинов.....	208
<i>Ю.Л. Семенова</i>	
Семантическая разметка больших коллекций объектов с использованием технологии краудсорсинга.....	210
<i>И.А. Щербаков, А.В. Пономарев</i>	

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 213

Достижения современных технологий и требования к образовательным компетенциям выпускников радиотехнических специальностей	213
<i>А.И. Румянцев, А.Ю. Тараканов</i>	
Оценка параметров радиомодуля RF868 PLC\RF-модема гетерогенной системы связи на основе технологии беспроводной сенсорной сети.....	217
<i>М.В. Беляев, А.Г. Сергушев</i>	
Малогабаритные полосно-пропускающие фильтры с электронной перестройкой.....	221
<i>О.В. Богданова, Д.В. Холодняк</i>	
Оценка качественных показателей измерения координат и смещения шкалы времени методом ррр	225
<i>Д.В. Гайворонский, Е. Данильчук</i>	
Перспективы создания и применения радиофотонных фильтров.....	228
<i>В.А. Калиш, Д.В. Холодняк</i>	
Широкополосный усилитель мощности х-диапазона	231
<i>В.В. Кириллов, П.А. Туральчук</i>	
Коррекция фазового распределения при синтезе отражательной решетки К-диапазона.....	235
<i>Э.А. Ксенич, Л.М. Любина, М.И. Сугак</i>	

Industrial endoscope lighting module design.....	237
<i>Li Zhichao</i>	
Синхронизация сигналов с OFDM-модуляцией.....	240
<i>И. Лиходед, А.К. Шашкин</i>	
Принципы построения интеллектуальных робототехнических систем с использованием компьютерного зрения на примере квадрокоптера	244
<i>М.А. Макагонова, Н.Г. Макагонов, Е.Ю. Ключ</i>	
Имитатор сигналов эхолота	247
<i>Г.А. Манукян, И.Д. Соловьев</i>	
Novelshaped micro-strip multiple-band bandpass filters.....	249
<i>Ali Mermoul</i>	
Устройство синхронизации кварцевого генератора	253
<i>Е.В. Нагибин</i>	
Перестройка центральной частоты искусственных длинных линий с переменными конденсаторами.....	257
<i>А.И. Пикушина, Д.В. Холодняк</i>	
Разработка и исследование алгоритма синхронизации сигналов стандарта UMTS	261
<i>П.О. Поляков</i>	
Беспроводной источник питания	264
<i>А.С. Попов</i>	
Управление режимами работы телекамер в условиях широкого диапазона изменения освещенностей.....	266
<i>О.А. Леонтьева, М.В. Стрижевич, А.А. Чиркунова</i>	
Микроволновая диагностика остеопороза.....	269
<i>С. Тамилова, В.А. Яковлев</i>	
Анализ устойчивости активных цепей, реализующих Нефостеровские элементы.....	272
<i>А.С. Титов, Д.В. Холодняк</i>	
Измерение варикапов с высокой добротностью.....	275
<i>Н.И. Ткаченко</i>	
Широкополосная концепция в современных системах радионавигации	278
<i>Р.Р. Хазиахметова</i>	
Анализ технологии и процесса разработки отображения мобильных телефонов	282
<i>Ян Синь</i>	
МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА.....	285
Сравнительный анализ существующих систем INDOOR навигации мобильных роботов для решения задачи SLAM.....	285
<i>С.В. Алешин</i>	
Разработка проекта «Робот-художник»	289
<i>Д.С. Богачев</i>	

Система дозирования жидкостей с сенсорным управлением на основе ОС Android.....	290
<i>А.Г. Дик, Н.П. Кобызов, С.А. Голубев, М.С. Сигаева</i>	
Идентификация параметров и моделирование динамических процессов в приводе постоянного тока	293
<i>Р.С. Жучков</i>	
Управление многокоординатным приводом на основе калибровки токов ..	295
<i>С.Е. Карпович, В.В. Кузнецов</i>	
Классификация и сравнение существующих методов SLAM для групп роботов	299
<i>М.Е. Кузьмин</i>	
Исследование качества заполнения изделия в 3-D печати при различных скоростях печати.....	303
<i>С.А. Паничев, П.С. Фонов</i>	
Разработка стенда для изучения систем управления нелинейным динамическим объектом	305
<i>Н.П. Сорокина</i>	
Создание прототипа фрезерного станка.....	307
<i>В.А. Хвостов</i>	

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ..... 310

Обеспечение пространственных микро- и наноперемещений с использованием пьезоактюаторов	310
<i>М.-П.Н. Вейнерт, С.А. Аристов</i>	
Влияние геометрии индуктора на эффективность технологического процесса.....	311
<i>А.С. Бондарь, О.В. Стрельцова</i>	
О системах координат для математического описания систем управления электропривода	315
<i>В.А. Василенко, А.Г. Илюшин, И.А. Маслов, А.Н. Прокишин, С.И. Смагин, Д.И. Халявин</i>	
Сравнительный анализ активного выпрямителя напряжения и неуправляемого диодного выпрямителя	318
<i>Ю.В. Павлова</i>	
Моделирование электромагнитного привода поступательного движения с требуемой конструкцией подвижного сердечника.....	321
<i>К.А. Порохненко</i>	
Постановка задачи моделирования трёхфазного управляемого выпрямителя	323
<i>И.А. Сидоренко</i>	
Исследование влияния источников бесперебойного питания на электрическую сеть	326
<i>О.В. Стрельцова, А.С. Бондарь</i>	

Оптимальное строение стержня силового трансформатора	329
<i>И.С. Тимонин</i>	
Исследование условий нагрева стартовых материалов для индукционной плавки стекла в холодном тигле.....	332
<i>В. А. Тоскунов, А. П. Мартынов, И. Н. Скриган, Д. Б. Лопух, А. В. Вавилов</i>	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	337
Оценка технических и экологических рисков на базе ГИС	337
<i>М.А. Близна, Е.Н. Жданова</i>	
Устройство для ультразвуковой диагностики гайморита.....	340
<i>С.А. Анисимов, И.С. Бобриков, Е.А. Соболев, М.А. Рыбина</i>	
Разработка системы заряда конденсаторной батареи установки для получения ультрадисперсных частиц	342
<i>А.М. Воынов, М.А. Ларина</i>	
Информационно-измерительная система с оптическим трактом преобразования сигналов для измерения концентрации растворов	346
<i>И.В. Дубынина</i>	
Динамический гониометр для контроля параметров ЦФПУ	347
<i>И.Б. Журавлева</i>	
Тенденции развития микрогироскопов на поверхностно-акустических волнах	350
<i>Е.М. Изотова, М.В Салогуб</i>	
Вопросы оценки экологических рисков в ЯНАО.....	354
<i>Н.И Куракина, А.Д. Кузьмина</i>	
Разработка высоковольтного импульсного источника мощности для инициализации тлеющего разряда.....	358
<i>А.Н. Рамазанов, А.С. Таланов, Д.К. Кострин</i>	
Разработка методов и средств магнитно-резонансной бионанодиагностики.....	361
<i>Ю.В. Богачев, В.А. Сабитова</i>	
Обзор современных БИНС на ВОГ морского применения и проблем, связанных с повышением их точности и проектированием алгоритмического обеспечения.....	365
<i>М.В. Салогуб</i>	
Исследование влияния погрешностей испытательного стенда на точность выработки линейных ускорений.	369
<i>Е.С. Солянка</i>	
Исследование толщины наклёпа на поверхности катания рельса.....	372
<i>Д.Ю. Твердохлебов</i>	
Мобильная система утилизации и переработки твердых бытовых отходов воинских подразделений.....	374
<i>М.Ю. Гляков, А.Д. Тихонов, Р.О. Гольцин</i>	

Алгоритмы автотрассировки проводников на поверхности печатной платы	375
<i>Т.А. Агеева, Е.В. Ткачева, А.Д. Шевяков</i>	
Исследование современных методов трехмерной печати для изготовления печатных плат	377
<i>В.Е. Фартушина, Я.О. Миронова</i>	

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ..... 379

Разработка топологий микрофлюидных систем, сопряженных с гибкими матрицами ISFET для создания многопараметрических сенсоров.....	379
<i>Е.Т. Сидорина, Д.М. Алексеев, Т.М. Зимина</i>	
Сопровождение пациентов в мобильных системах	380
<i>М.С. Ашапкина, А.В. Алпатов, А.А. Чекушин</i>	
Применение методов синхронного накопления и корреляционного анализа для выделения информативной пульсовой волны сигнала фотоплетизмограммы.....	383
<i>В.С. Белов</i>	
Распознавание опасных аритмий по спектральному описанию экг-сигнала	386
<i>М.А. Болотов</i>	
Разработка алгоритма биомеханического исследования состояния структур шейного отдела позвоночника при реконструкции.....	388
<i>Д. И. Бондаренко</i>	
Автоматизация и тестирование регистрации биоэлектрических потенциалов растений	
<i>А.В. Бушлякова, Т.Э. Кулешова, Н.Р. Галль</i>	
Разработка ISFET датчика для микробиологического экспресс-анализа	393
<i>Ю.А. Волков, О.С. Бохов, Т.М. Зимина</i>	
Электроимпедансная томография.....	395
<i>Э.А. Даминова</i>	
Расчет распределения напряжённости импульсного электромагнитного поля	398
<i>Е.Г. Евдакова, Р.В. Яшкардин</i>	
Критерий оценки величины неоднородности поверхности эмали зуба	402
<i>А.И. Ерисковская, А.Е. Герасименко</i>	
Синтез магнитных наночастиц с альбуминовой оболочкой для медицинского применения и исследование их свойств.....	406
<i>Д. В. Королев, В. Н. Зорин, К. Г. Гареев, В. Н. Постнов, Е. Б. Наумышева</i>	
Подход к выбору метода обработки медицинской информации при использовании технологии обработки больших данных	409
<i>К.Н. Болсунов, В.М. Ильяшенко</i>	
Квантово-химическая оценка величины pK_a некоторых аминокислот с учетом влияния среды.....	413

Б.М. Исмагулов, А.Ф. Курманова, И.А. Пустолайкина

Сравнительное исследование эффективности ИК спектроскопии и импедиметрии при разработке неинвазивных сенсоров глюкозы..... 417

Е. П. Карибджанова, М. Д. Капустинский, Н. О. Ситков, М.Ф. Панов, Т. М. Зимина

Биомеханическое исследование состояния структур ступни при переломе наружной лодыжки..... 418

И.В. Кондратенко

Квантово-химическое моделирование димерных комплексов аланина 422

А.Б. Кыдыралы, М.Г. Мақыбас, А.Ф. Курманова, И.А. Пустолайкина

Сенсорно-актюаторные элементы для биомедицинских лабораторий-на-чипе на основе ПАВ 424

В.Е. Лемозерский, А. Каташов, Т.М. Зимина, А.С. Койгеров

Система поддержки принятия решений врача ортодонта 425

В.А. Литвиненко

Беспроводной модуль для регистрации частоты дыхательных движений 428

Е.К. Ляхова

Применение специализированных микросхем при разработке носимых устройств функциональной диагностики 432

А.Д. Сулягина, Е.К. Ляхова

Оптимизация импульсных рч-последовательностей для улучшения контраста магнитно-резонансных изображений 436

Ю.В. Богачев, А.В. Никитина

Разработка излучателя для лабораторных исследований фотосенсибилизаторов..... 440

Е.Ю. Парилова

Применение CAS технологий для разработки системы поддержки принятия решений хирурга..... 442

М.С. Причислый

Модификация хризина кальцием: квантово-химический расчет 444

А.В. Пуцина, Д.К. Нуркадилов, И.А. Пустолайкина, А.Ф. Курманова, К.Ж. Кутжанова

Разработка устройства регистрации предвестников эпилептического приступа 447

Д.А. Самоквитов, Р.Б. Исаев, Е.В. Садыкова

Предварительная обработка и анализ кардиореспираторных сигналов пациентов с СОАС..... 449

А.С. Селезнева

Устройство для регистрации разности биопотенциалов 451

В. А. Симон, А. М. Загоскин, Д. В. Овчинников

Сенсорный элемент на основе электрического импеданса для оценки восприимчивости микроорганизмов к антибиотикам 453

Н. О. Ситков, О. Б. Бухарева, Т. М. Зимина

Расширение функциональных возможностей осциллометрического тонометра 454

А.Д. Сулягина

Исследования методика оптимизации давления в манжете при окклюзионно-плетизмографическом	458
<i>А.А. Тимчук</i>	
Использование метода группового учета аргументов для прогнозирования степени выраженности неврологической симптоматики у детей перенесших инсульт	462
<i>А.В. Ульянова, Г.А. Машевский</i>	
Система контроля состояния пациента на основе технологий удаленного мониторинга.....	463
<i>К.Н. Болсунов, К.А. Филиппова</i>	
Экологический мониторинг состояния вод таганрогского залива для оценки комфортности жизни.....	467
<i>А.В. Шавишина</i>	
Система захвата движений для анализа поясничного отдела позвоночника..	470
<i>Э. Э. Шаяхметов</i>	
PiezoPLANT: an innovative alternative for measuring plantar pressure.....	472
<i>Zegalo, Alejandro, Zapata Leandro, Cherniz Analia, Catalfamo Paola</i>	
Квантово-химическое моделирование протонного обмена в комплексах с участием некоторых производных салициловой кислоты	476
<i>С.А. Ыбрахим, А.Ф. Курманова, И.А. Пустолайкина, К.Ж. Кутжанова</i>	
ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ	480
Гибридные перовскит-полимерные светодиоды, излучающие в видимом диапазоне длин волн	480
<i>С.С. Аношкин, А.П. Пушкарев</i>	
Solar panels for mobile applications	483
<i>P.D. Badillo, S.L. Ceppi, S.E. Maciel</i>	
Создание эффективных композиционных радиопоглощающих материалов и изделий на их основе для электроники и электротехники	488
<i>Д.С. Бернацкий, Д.О. Никонова</i>	
Исследование и создание органических светоизлучающих структур, содержащих коллоидные квантовые точки.....	490
<i>А.Э. Дегтерев</i>	
Эффект электронного умножения в фоточувствительных приборах с переносом заряда.....	492
<i>В.С. Дюмин</i>	
Нагрев подложки при реактивном распылении горячей титановой мишени	494
<i>Н.В. Иванова, Е.А. Минжулина</i>	
Особенности работы магнетрона с горячей сэндвич-мишенью.....	498
<i>В. В.Смирнов, Е. А. Минжулина, А. А. Козин</i>	
Управление прогибом микромеханических мембран.....	500
<i>В.Е. Калёнов, А.В. Корляков, О.Н. Михайлова</i>	

Исследование взаимодействия коллоидных квантовых точек сульфида кадмия	503
<i>А.В. Осокина</i>	
Органические солнечные элементы на основе фталоцианина цинка и фуллерена	505
<i>М.Д. Павлова, И.А. Ламкин</i>	
Исследование УФ спектров поглощения дезинфицирующих растворов на основе полигексаметиленгуанидина	506
<i>Ю.С. Розкалий, Г.А. Коноплев</i>	
Перспективность применения вакуумно-дуговых источников плазмы в производстве электровакуумных приборов	509
<i>А.А. Рыков, А.А. Лисенков, Е.Д. Прялухин</i>	
Зондовые измерения в разряде магнетрона с горячей сэндвич-мишенью	512
<i>В.В. Смирнов, А. С. Никифорова</i>	
Расчёт зонных диаграмм и профилей распределения концентрации GaAs РНЕМТ гетероструктур	515
<i>С.М. Соболев</i>	
Автономный датчик с системой сбора и накопления энергии радиоволн	517
<i>С.В. Шаповалов, И. Стеблевска</i>	
Особенности существования тлеющего разряда с острым электродом в парах жидкости	521
<i>А. С. Таланов, А. Н. Рамазанов, Д. К. Кострин</i>	
Взаимосвязь потерь на распространение с геометрическими параметрами оптических микроволноводов	524
<i>Д.А. Шапран, Г.А. Зарецкая, А.В. Дроздовский</i>	
Разработка стендового оборудования для проверки источников питания асинхронных двигателей	527
<i>П. С. Шевченко, Л. Э. Селезнёв</i>	
Влияние расхода кислорода при осаждении на коэффициент трения пленок оксинитрида титана	530
<i>Д.С. Шестаков, В.В. Смирнов</i>	
Разработка метода создания радиопоглощающих изделий с использованием метода 3D прототипирования для обеспечения электромагнитной совместимости электронной техники.....	533
<i>А.Е. Щербаков</i>	
Импульсный режим работы газоразрядной ячейки высокого давления.....	535
<i>М. И. Юрченков, А.А. Рыков, А.А. Лисенков</i>	
НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ	537
Микромеханические генераторы энергии на основе электроактивных полимеров.....	537
<i>В. М. Айвазян, И. К. Хмельницкий</i>	

Получение металлооксидных пленок для гетероструктурных солнечных элементов.....	541
<i>А.А. Александрова, Н.А. Лашкова</i>	
Исследование влияния углеродных нанотрубок на процессы получения гуминовых композитов в условиях ультразвукового воздействия	543
<i>А.Х. Жакина, Е.П. Василец, О.В. Арнт</i>	
Электрические свойства композитНЫХ плёнок GO:TiO ₂ и PEDOT:TiO ₂	547
<i>А.А. Базанова, А.Н. Алешин</i>	
Фотометрический метод определения концентрации наночастиц пористого кремния в органах лабораторных животных	550
<i>Д. Башарова, А.О. Белорус, Н. В. Евреинова, Г.А. Шультмейстер, Д.В. Королев</i>	
Investigation of the mechanical properties of gallium phosphide nanowires by afm bending	554
<i>К. Bepalova, P. G Eydt, E.L Åhderanta, V.K Hayrudinov, H.L Ipsanen</i>	
Кельвин-зонд микроскопия монослоев MoSe ₂ на графене	556
<i>Б.Р. Бородин</i>	
Исследование влияния углеродных нанотрубок на процессы получения гуминоминеральных композитов в условиях микроволнового воздействия	559
<i>А.Х. Жакина, Е.П. Василец, О.В. Арнт</i>	
Биметаллические Fe-Co-композиты на основе полианилина и поли(анилинА-со-о-анизидина)	561
<i>Я.А. Висурханова, Е.А. Соболева, Н.М. Иванова</i>	
Измерение параметров структурных слоев карбида кремния методами растровой электронной микроскопии	565
<i>А.А. Воронцова, В.В. Трушлякова</i>	
Кинетика люминесценции квантовых точек с полупроводниковой оболочкой переменного химического состава в различных средах.....	570
<i>М. А. Голованова, Е. П. Колесова</i>	
Модель распыления горячей титановой мишени в среде двух реактивных газов	574
<i>А.О. Гончаров, А.А Козин, Н.В. Иванова</i>	
Исследование технологии формирования наноразмерных структур на основе оксида цинка	577
<i>В.О. Гридчин, П.Ю. Белявский, А.А. Семенов</i>	
Исследование плазменного распыления эпитаксиальных структур PbSe/CaF ₂ /Si(111) вблизи порога распыления	579
<i>К.Е. Гусева</i>	
Использование методов SILAR и ECALE для формирования слоев оксида цинка	582
<i>А.И. Далматова, А.А. Семенова</i>	
Исследование спектров фотолюминесценции метаморфных гетероструктур InAlAs/GaAs	586

Г.А. Денисова, Д.Д. Фирсов, О.С. Комков

Использование пондеромоторных сил электрического поля для временного закрепления плоских объектов 589

Н.С. Пщелко, А.С. Дубонос, И.О. Изгибаев

Электрические свойства пленок металлоорганических перовскитов 593

А.М. Ершова, М.К. Овезов, А.Н. Алешин

Фотоактивация полупроводниковых нанокристаллов в составе гибридных структур с графеном..... 595

И. А.Резник, П. О.Ильин

Оптические свойства поликристаллического анодного оксида алюминия в ИК области спектра..... 598

Е.Н. Муратова, М.А. Канаев, К.В. Чернякова, И.А. Врублевский

Тепловая модель сэндвич-мишени в среде COMSOL 600

А. А. Козин, А. С. Никифорова

Синтез каталитических структур на основе оксида цинка и оксида меди 602

Е.А. Левкевич

Реализация методов измерения фотолуминесценции в Инфракрасном диапазоне 606

А. И. Луферов, Д. Д. Фирсов, О. С. Комков

Структура самодуальных алмазоподобных нанокластеров 608

П.А. Мадисон

Разработка тестовой платы с оптической шиной передачи данных 609

Т.А. Манвелова, Н.Н. Иванов

Создание гибких радиопоглощающих материалов и изделий на их основе. 613

А.С. Мигненко

Исследование зависимости удельной проводимости тонких пленок гидрогенизированного субоксида кремния от температуры и концентрации кислорода..... 614

С. А. Паничев, А. В. Кукин

Изменение морфологии поверхности пленок сульфида индия при обработке в аргоновой плазме 617

А.С. Пипкова

Изучение влияния допирования Eu^{3+} на температурную эволюцию доменной структуры и диэлектрические свойства кристаллов $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$ 621

А.Д. Полушина, В.Г.Залесский

Морфология и состав поверхностных фаз пористого кремния, импрегнированного антибиотиками..... 623

М.О. Портнова, А.В. Старцева, А.О. Белорус, Ю.М. Спивак, В.А. Мошников

Разработка технологии формирования электрохимического датчика для обнаружения тяжелых металлов 629

А.В. Пудова, Д.Д. Лобанов, О.С. Бохов, Т.М. Зимина

Тепловые микротрубки 630

О.А. Рыжов

Использование импульсных электрических разрядов для модификации поверхностей различных материалов	633
<i>Н.С. Пицелко, В.В. Садовский, Д.С. Попыловский</i>	
Композиционные наноструктурированные слои пористого кремния для систем солнечной энергетики	637
<i>Р.С. Смердов</i>	
Эффект памяти формы микромеханических актюаторов на основе ИПМК	639
<i>Д.О. Тестов, И.К. Хмельницкий</i>	
Исследование 0D-, 1D- и 2D-наноструктурированных материалов методом объемных индикатрис статического светорассеяния	642
<i>Е.М. Тихомиров</i>	
Влияние наноструктурного катализатора на основе диоксида церия на экологические характеристики пористых грелок	646
<i>А.М. Тригуба, К.А. Цой, А.А. Пономарева</i>	
Оценка фрактальной размерности мезопористых наноматериалов сорбционными методами	648
<i>К.Н. Халугарова, Е.В. Мараева</i>	
Разработка программы для калибровки пьезосканера зондового микроскопа на основе измерений подложек TGS1	652
<i>И. Л. Хеглунд, Е. М. Кристюк</i>	
Исследование эмиссионных характеристик полевых катодов на основе алмазоподобных эмитентов	655
<i>К.Ю. Чипчев, И.А. Мамонов</i>	
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	659
Сущность и проблематика внедрения системы менеджмента качества на основе международного стандарта ИСО серии 9000 в таможенных органах Российской Федерации	659
<i>К.С. Арзамасцев</i>	
Обеспечение качества образовательных организаций	663
<i>О.И. Веретенникова</i>	
Типовые ошибки, возникающие на предприятиях при статистическом управлении процессами	665
<i>Ю.А.Круглова</i>	
Система мягкого менеджмента качества в сервисных организациях	668
<i>Н.С. Мартынов, Н.А. Головин</i>	
Проблемы внедрения системы менеджмента качества по стандарту ISO 9001:2015 на малых предприятиях России и способы их решения	669
<i>Е.И.Осипова</i>	
Проблема функционирования системы менеджмента качества в организациях РФ после сертификации	671

В.Н. Савко

Вопросы обеспечения качества при выполнении строительных и иных работ по государственным контрактам..... 673

К.И. Щетинина

**МЕНЕДЖМЕНТ ИННОВАЦИЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ
МЕНЕДЖМЕНТ..... 676**

Нефинансовая отчетность: сущность и назначение 676

М.О. Агеева

Формирование резервов по сомнительным долгам: актуальность и методика. 679

А.Ю. Волосова, А.В. Кравченко

Революционные цифровые методы контроля рабочих процессов предприятия 682

А.Д. Гладков, И.А. Брусакова

Внедрение инновационной технологии управления инженерной документацией 685

Э.Ю.Джурабаева

Перспективы внедрения креативного менеджмента в современных условиях хозяйствования..... 688

Т.С. Ковалева

Особенности организации контроля бизнес-процессов..... 693

Н.С. Кузнецова

Оценка эффективности управления финансовыми рисками в коммерческих банках Вьетнама 697

Нгуен Кхань Нгок

Перспективы развития проекта "Городские причалы Санкт-Петербурга".... 699

М. Г. Подлевских

Производственная система росатома: истоки, развитие и перспективы 702

С.С. Рясков, Я.С.Рясков

ИНФОРМАТИКА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

STUDY OF THE ADVANTAGES OF INTRODUCING AN AUTOMATED SYSTEM FOR TESTING STUDENTS' KNOWLEDGE

K. ATTO

Abstract. The importance of this work is to examine the process that carried out by the educational institutions of its students and the results that resulted in the success or failure of them, and the urgent need for a system that helps in the process of managing the examination process as a whole, from the development of questions to progress to the exam to the results of the examinations automatically, and accurate fast way.

Keywords: *E-learning , knowledge control ASP.NET , C# , Oracle , PL / SQL ,Oracle SQL*

The importance of the exam process conducted by educational institutions and the results that show the successes or failures of students show an urgent need for a system that helps in the process of managing the exam process as a whole, starting with the development of questions for the exam, ending by checking and processing the results.

General structure of the program:

The software complex is a client-server application that allows you to automate the testing by a student, to use the results when ranking and getting admissions to the exams.

The system consists of the following layers:

- databases: this layer contains the records, procedures and tables required for program operation;
- Intermediate layer between the interface and the database: This layer generates queries, converting input information from administration forms to database queries, and outputs the result back.
- User interface: a graphical interface for easy administration of information. With it, you add, display, change, and delete information, call and other functions.

It includes editable on the server side:

- students archive;
- archive of teachers;
- Semester curricula;
- methodological materials;
- Bank of questions (tasks).

Interface

To register new students in the system, the appropriate form is used. Students' personal data are filled in. There is a check whether there are records about the current student in the database, if it already exists, then a system message is displayed about it. The fragment of the interface is shown in Fig.1.



The screenshot shows a web-based form titled "Student Registration". The form is organized into two columns. The left column contains fields for: First name, Middle name, Last name, Mother name, SSN, National No., Birth date (with a calendar icon), Birth place, Phone 1, Phone 2, Email, Address, and Sex (with radio buttons for Male and Female). The right column contains: Certification (dropdown), Certification source (dropdown), Certification percentage (text field with a % sign), Order date (calendar icon showing 2014/12/10), and Register for speciality (dropdown). On the far right, there are two buttons: a purple button with a white checkmark and a purple button with a white power icon.

Figure 1. student Records Administration Interface

The identical form is designed to administer the list of students. Information is entered in the STD database table.

Used for the implementation of the program part of the project technology:

- Visual Studio 2012 / ASP.NET / C # - client and server interface;
- Oracle DBMS (version 10 / 11g);
- PL / SQL Developer 8.0 - database development environment for Oracle DBMS;
- query language: Oracle SQL.

Hardware required for the project:

- Server.
- LAN for personal computers.
- Printer for outputting results.

Brief algorithm of work with the complex:

At the beginning of each academic year, curricula are updated (new disciplines are added, occupation plans are updated).

1) For each discipline, a list of exam questions is formed, as well as tests for checking residual knowledge (FOS).

2) Students are tested in computer classes.

3) The results are stored in the database on the server.

4) At the end of the selected reporting period (semester, academic year, completion of the student's course of study at the university), statistics are generated for summarizing and adjusting in step 1.

Advantages of online testing:

- instant check of results;
- an understandable criterion for rating;
- Online testing allows you not to use time in the classroom, which will give more hours to study materials with the teacher;
- simple adjustment of the questions: no correction of the test material (retyping, as in the case of paper tests) is required;
- the use of electronic media with a customized backup system significantly reduces the likelihood of losing test results, in comparison with the classic "paper" tests.

Cost of implementation our program:

In general, the organization of testing in electronic form will cost more than the conduct of a classical test form. The cost of hardware will be about: from 75 thousand rubles. for server equipment, about 500 thousand rubles. for PC for LAN (15-20 thousand for each computer and peripherals, 25 computers for testing, 5 standby), 10 thousand for MFPs for printing results.

If the university does not have a ready premises for testing, then about 350 thousand rubles. will go to prepare the premises and equip it with the necessary furniture.

To monitor the work of the class, as well as update the databases with questions and results, it is necessary to involve the class administrator. It may be already working at the university, he can be assigned a salary for class maintenance in the range of 10-20 thousand rubles. per month.

In total, equipment of the class costs from 600 thousand rubles. If all necessary equipment is to be ordered, we also take into account the monthly expenses for the personnel salaries.

It would cost much less to use the online platform for testing, but this will create certain risks: for example, it will make it easier for students to write-off.

- Suggestions for system upgrading
- Development of unified test forms and creation of a recognition program for the possibility of including in the system also the results of "paper" tests.
- Export-import a database of questions to simplify the update.
- Creation of additional modules for the complex (for example, the module for building flowcharts, digital devices, the built-in compiler for some programming languages), which will allow to include in the tests not only the questions with the choice of the answer or the open field, but also check the level of the student's preparedness when the delivered the task is solved according to the algorithm chosen at its discretion, but it must meet certain requirements at run-time (run time, occupied memory).
- Creation of a web service for remote testing for opening online courses of additional education and a virtual university
- Use advanced mathematical models and data analysis methods for in-depth analysis of results.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Е. Д. БАЛАЛАЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассматриваются методы построения веб-сервисов для расчета стационарного режима в системах дистанционного обучения. Приводится сравнительная оценка возможных методов сжатия разреженных матриц, содержащих значительное количество нулевых элементов. Показывается, что наибольший интерес для построения эффективного программного систем дистанционного обучения представляют методы адресации и строчно-столбцового фиксированного формата.

Ключевые слова: Системы автоматизированного проектирования, веб-технологии, веб-сервисы, сервис-ориентированная архитектура, распределенные системы, системы дистанционного обучения, компактное описание, разреженные матрицы.

Рассматривается методика построения программного обеспечения для расчета неустойчивости стационарного режима электронных схем в сервис-ориентированных системах автоматизированного проектирования. Программное обеспечение использует технологию обработки разреженных матриц на основе сжатия данных, обеспечивающую высокое быстродействие выполнения вычислительных операций, что имеет большое значение при работе распределенной системы в сети Интернет. В качестве варьируемых параметров могут выступать значения сопротивлений резисторов и параметры передач управляемых источников, а также параметры произвольных внешних воздействий (температура, давление, влажность и т.д.), при этом обеспечивается расчет скалярной чувствительности неустойчивости выбранной переменной стационарного режима электронных схем к вариации произвольной совокупности варьируемых параметров компонентов [1].

Актуальной задачей в области построения систем дистанционного обучения является повышение эффективности их программного обеспечения, что особенно актуально при построении систем с распределенной архитектурой, когда информационные ресурсы предоставляются потребителям посредством сети Интернет [2].

Для повышения эффективности вычислительного процесса целесообразно использовать компактную форму описания разреженных блочных матриц отдельных подсистем. Наибольший интерес представляет такой метод, как метод индексно-адресных матриц, поскольку этот метод предоставляет возможность не только хранить исходное описание в компактной форме, но и позволяют в случае необходимости изменять формат начального описания в процессе обработки данных.

Метод индексно-адресных матриц основан на введении некоторой целочисленной матрицы A , которая в точности повторяет структуру исходной разреженной матрицы, входящей в уравнение системы моделирования в качестве элементов индексно-адресная матрица содержит порядковый номер a ненулевых элементов, которые перечисляются в некотором массиве WZ . При этом если порядковый номер ненулевого элемента исходной матрицы равен a , то в индексно-адресную матрицу вводится значение $A(i,j)=a$.

При декомпозиционном подходе индексно-адресные матрицы следует формировать для отдельных ненулевых блоков матрицы моделируемой системы. При этом для k -й подсистемы такими блоками являются подматрицы W_{kk} , W_{k0} , W_{0k} , W_{00} . Однако сильно разреженной является лишь подматрица W_{kk} , поэтому с практической точки зрения достаточно реализовать сжатие данных только в диагональных блоках. Поскольку переход к компактной форме описания данных необходимо выполнить для всех диагональных блоков, то должны быть сформированы соответствующие индексно-адресные матрицы A_k для каждой подсистемы.

При реализации метода индексно-адресных матриц достаточно провести сканирование индексно-адресной матрицы и выбрать из нее очередной ненулевой элемент. В соответствии с ее численным значением, затем необходимо выбрать соответствующий порядковый элемент из массива WZ [3].

Рассмотренный метод построения программного обеспечения позволяет рассчитать неустойчивость стационарного режима электронных схем в распределенных системах дистанционного обучения.

Список литературы

1. В.И. Анисимов, В.Н. Гридин, А.Д. Ахмад Построение веб-сервисов для расчета неустойчивости стационарного режима нелинейных систем – СПб – 2016

2. Анисимов В.И., Гридин В.Н. Методы построения систем автоматизированного проектирования на основе Интернет-технологий и компактной обработки разреженных матриц // Информационные технологии в проектировании и производстве. -2009. -№1..

3. В.Н. Гридин, В.И. Анисимов Моделирование больших систем на основе методов декомпозиции и компактной обработки разреженных матриц - СПб.: СПбГЭТУ, 2015.

КОМПЬЮТЕРНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА

Д.А. БЕЗДЕНЕЖНЫХ, Е.В. СТАНЕВИЧ, А.Д. ЖЕБРУН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Все большее влияние информационных технологий и интернета на жизнь человека вынуждает искать более быстрые и технологичные способы идентификации личности. Текущая производительность ЭВМ позволяет использовать нейронные сети, в частности, сверточного типа, а также алгоритмы на них для достаточно точного установления личности пользователя. Нейросети позволяют решить такие проблемы распознавания лиц как наклоны и повороты головы, изменения освещения и изменчивость лица. При этом достигается приемлемая точность и низкая вероятность коллизии с лицом другого человека.

Ключевые слова: нейронные сети, распознавание лиц, идентификация личности

Идентификация личности человека стала интересовать человечество достаточно давно. Еще в Ветхом Завете упоминался документ, необходимый для пересечения границ Персидской империи. Однако, в нем не содержалось какой-либо информации о владельце, кроме его имени и фамилии, что не позволяло однозначно судить о правдивости слов подателя. Вскоре в античных «паспортах» появились строки с описанием антропометрических характеристик владельцев. Так, технология установления личности практически в неизменном виде просуществовала до XX века, пока не были открыты дактилоскопия и фотография.

Удивительно, но сейчас технология установления личности в рядовом случае все еще напоминает использовавшуюся в 443 г. до н. э. единственное, на что опирается проверяющий – это фотография. Именно отталкиваясь от фотографического изображения лиц в 1964 и 1965 годах Вудро Бледсоу, Хелен Чан Вульф и Чарльз Биссон сделали попытку использовать ЭВМ для сравнения лиц с готовой базой.

Еще тогда были названы самые большие проблемы распознавания лиц: вращение и наклон головы, расстояние до камеры, освещение и тени создавали большие проблемы для систем идентификации. В течение последующих десятилетий некоторые из них были решены, а некоторые и сейчас заставляют специалистов по компьютерному зрению разрабатывать все более запутанные алгоритмы. В частности, достаточно легко можно бороться с различным расстоянием от камеры до лица: изображения подвергаются нормализации, которая заключается в определении границ лица (при этом фон должен быть максимально контрастным) и изменении масштаба изображения до соответствия цели нормализации. Как правило перед этим выполняется еще и выравнивание наклона головы вправо или влево, что достигается простой минимизацией горизонтальной ширины рамки выделения лица при переборе углов поворота изображения.

Гораздо более сложной задачей является инвариантность распознавания лица при поворотах головы и изменении ее наклона вперед-назад, а также при изменении условий освещения объекта сканирования. С увеличением производительности ЭВМ появилась

возможность решить эти проблемы с использованием новых алгоритмов обработки именно фотографических изображений. Здесь стоит оговориться, что системы использующие лазерное сканирование, инфракрасные камеры и прочие специальные технические средства не будут рассмотрены по причине невозможности их массового применения.

Толчком к развитию систем распознавания лиц послужило изобретение нейронных сетей – математической и алгоритмической интерпретации работы нейронов человеческого мозга. На достаточно мощном вычислительном комплексе алгоритмы на основе нейросетей оказались точнее, чем алгоритмы гибкого сравнения на графах, Active Appearance Models (AAM) и даже могли соперничать с методом главных компонент (РСА). Хотя в настоящее время алгоритмы на нейронных сетях все более усложняются, вбирая в себя достоинства альтернативных методов. После анализа подходящих алгоритмов были выбраны наиболее оптимальные для каждого типа задач, решаемых системой.

В результате применения к решению проблем, описанных Вудро Бледсоу, алгоритмов на нейросетях была разработана система биометрической идентификации пользователей.

Алгоритм распознавания лица на изображении разделен на 6 этапов: получение снимка, выделение лица, геометрическая нормализация, кодирование, сравнение с базой лиц, выдача результата. Однако, для получения наиболее точного результата перед первым этапом рекомендуется провести подготовительные процедуры – разместить лицо перед камерой таким образом, чтобы минимизировать искажения – смотреть прямо перед собой, не наклонять голову вперед или в стороны и соблюдать масштаб ориентируясь вспомогательной разметке на экране монитора с изображением с камеры. Затем происходит получение снимка. Свечение части экрана, не занятой элементами программы способно улучшить освещение лица и сгладить тени от нестационарных источников света. Далее, с помощью алгоритма Виолы-Джонса на предобученной нейросети выполняется выделение лица. После выделенная область выравнивается, нормализуется и кодируется для передачи второй нейронной сети для распознавания. В итоге выдается готовый результат.

Для реализации распознавания используются так называемые сверточные нейронные сети. В основу их работы положен принцип перехода от мелких конкретных деталей изображения к более абстрактным – так называемая свертка. Их преимущества заключаются в том, что они созданы для выделения признаков на изображении, то есть имеют более высокую скорость обработки и точность для задачи распознавания объектов, в числе которых и человеческие лица. Точность распознавания лиц составляет около 90%, а точность идентификации около 96%, что обуславливается тем, что система гораздо чаще не может идентифицировать человека, чем выдает ошибочное заключение об идентификации персоны.

Таким образом, современные технологии позволяют достаточно быстро развернуть систему распознавания лиц для использования ее в различных областях деятельности, от блокировки мобильных устройств до идентификации пользователей различных веб сервисов.

Список литературы

1. В. Черкасский, [V. Cherkassky], Ф.М. Мюллер[Filip M. Mulier] Learning from Data: Concepts, Theory, and Methods 2nd Edition // John Wiley & Sons, Inc. - 2007

2. Д. Крисе [D. Kriesel] A Brief Introduction to Neural Networks 2007 [Электронный ресурс] // URL: <http://www.dkriesel.com>

3. М. Нильсен [Michael Nielsen] Neural Networks and Deep Learning [Электронный ресурс] // URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ОТ ПЕРЕПАДОВ ТЕМПЕРАТУР

В.С. БЕЛОУСОВА, А.В. ГРИГОРЬЕВА

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

Аннотация. В данной работе исследованы зависимости температурной нагрузки и средних значений амплитуд источников акустической эмиссии, связанных с регистрацией трещин. Разработан программный комплекс, обрабатывающий большой объем данных, полученных во время эксперимента. Проведена идентификация внутренних дефектов в бетонной конструкции с применением методов математической статистики в комбинации с акустико-эмиссионной системой.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, скользящее окно, методы математической статистики, термо-нагрузка бетона, большие данные

Метод акустической эмиссии (АЭ) является одним из важных направлений технической диагностики состояния объектов. Основной принцип данного метода заключается в сборе информации с множества звуковых и ультразвуковых датчиков, её локализации и обработке для последующего определения степени износа сооружения и своевременного предотвращения трещинообразования [3].

В представленной работе используются данные, полученные в ходе следующего эксперимента: в период с 30 октября по 20 ноября 2017 года был проведен мониторинг нагреваемого объекта, заключенного в бетонную конструкцию, в которую было впаяно 10 датчиков для сбора и дальнейшей передачи сведений на компьютер. В ходе эксперимента исследуемое сооружение постепенно нагревалось. В результате эксперимента получен большой объем данных (порядка полумиллиона записей).

Современная техническая диагностика крупногабаритных объектов постепенно переходит к схеме: нагружение, обнаружение акустически активных зон трещинообразования, упрощенная классификация (по степени опасности согласно известным критериям), сравнение с другими данными эксперимента и, наконец, перепроверка традиционными методами неразрушающего контроля. Но поскольку общий объем полученных во время испытания является весьма значительным, **актуальной** становится проблема корректной обработки этого объема данных.

Цель исследования заключалась в распознавании основных трендов появления трещин на разных стадиях температурного нагружения (насколько велико было их количество и как точно фиксировали их возникновение датчики). Для достижения цели были поставлены две задачи.

1. Средствами информатики и математической статистики обработать данные так, чтобы выявить закономерности между полученными показаниями и выбрать, какой метод лучше всего описывает реально происходившие события трещинообразования. Задача принятия решения, каким из методов обрабатывать данные лежит в области системного анализа, и является перспективой для дальнейшей разработки, а в данной статье освещены результаты обработки одним из этих методов -

простым среднее арифметическое со сглаживанием пиковых значений методом скользящего окна.

2. Выяснить, есть ли зависимость между темпами повышения температуры, её перепадами внутри конструкции и тем, сколько появляется при этом трещин, исходя из количества сигналов за соответствующий период нагревания.

Изменение температуры происходило следующим образом: 10 часов объект систематически нагревали, затем шло 24 часа выдержки. На рисунке 1 показана зафиксированная температура за первые 4 дня эксперимента, зарегистрированная датчиками в бетонной оболочке и в центральном корпусе исследуемой конструкции. По оси абсцисс указано время в часах, по оси ординат – температура в градусах по Цельсию.

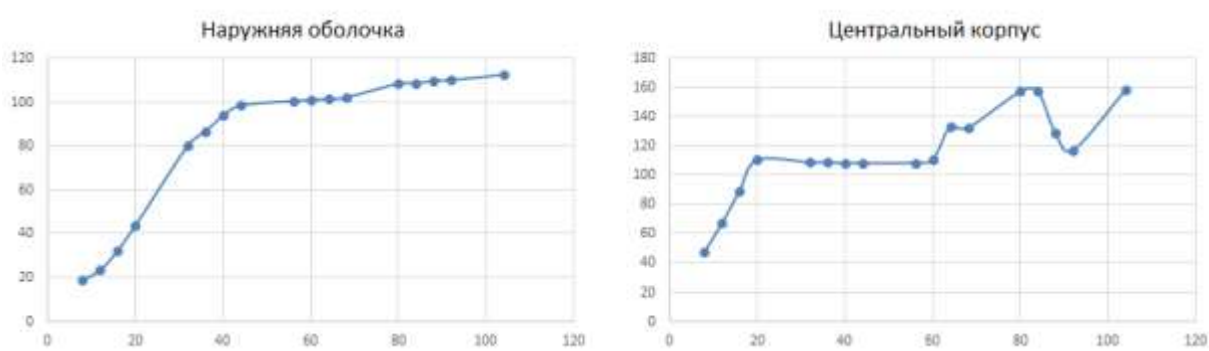


Рис. 1. Графики увеличения температуры в первые дни эксперимента

Авторами разработан программный пакет анализа, написанный на языке С#, в котором на данный момент имеется возможность оперировать показателем амплитуды акустического сигнала. Этот параметр был выбран неслучайно, так как является одним из наиболее информативных. Для сглаживания пиковых значений параметров АЭ, которые получены от отдельных импульсов, был применен метод скользящего окна. При проведении мониторинга начала образования магистральных трещин импульсы от них очень важно фиксировать и отделять от общей массы, но в данном исследовании была поставлена другая цель - определить общий характер и этапы трещинообразования во всей конструкции. Суть данного метода заключается в том, что расчеты проводятся на одинаковых по длине наборах регистрируемых данных, смещенных относительно друг друга на одно значение при последовательном просмотре всех значений. Для тех же целей метод скользящего окна применяется и в других областях информатики, например, при обнаружении DDOS-атак [2].

Математическая природа элементов выборки в этой задаче может быть самой разной. В данной статье был сделан выбор в пользу простого скользящего среднего, которое рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n x(t)}{n},$$

где $x(t)$ – временной ряд, n – величина окна усреднения. На рисунке 2 изображен график, построенный в разработанной системе. Здесь по оси абсцисс указано количество сигналов, по оси ординат – подсчитанная амплитуда.

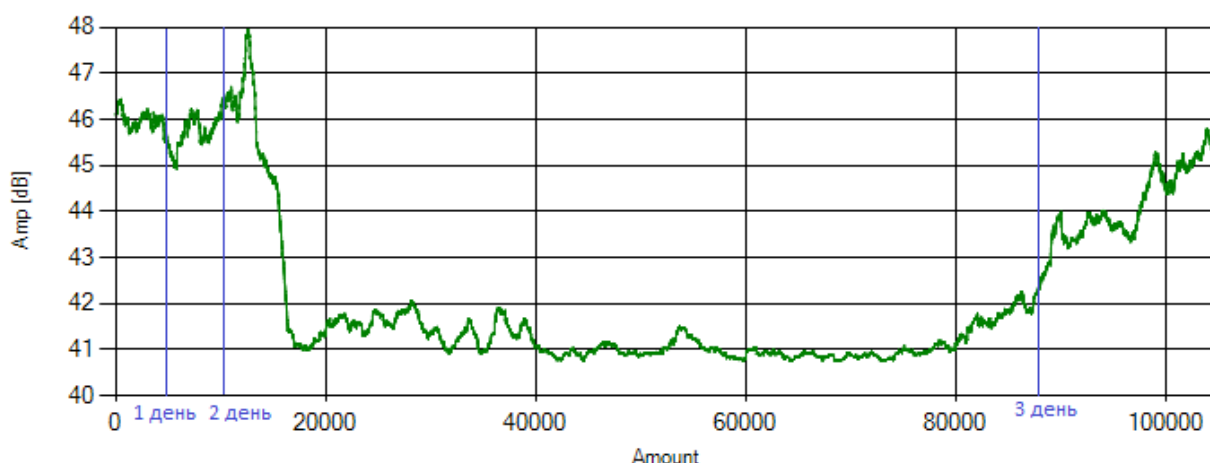


Рис. 2. График амплитуды, получаемой методом простого скользящего среднего

В целом, импульсы распространяются по кратчайшим траекториям, однако из-за изменения структуры бетона и возникновения в нем трещин, изменения их размеров и конфигурации, сами эти траектории должны изменяться. Удлинение пути и огибание препятствий распространяющимся сигналом приводит к изменению его амплитуды в меньшую сторону.

На 80ом часу опыта центральный корпус макета нагрелся до 160 градусов, затем через час температура резко начала падать, при этом, температура бетонной оболочки не уменьшилась. В то же время произошел сильный скачок амплитуды, а затем показания резко упали, и увеличилось количество поступающих сигналов с датчиков.

Начало второго дня эксперимента (см. рисунок 2) соответствует $T \approx 100^{\circ}\text{C}$ (центр) и $T \approx 65^{\circ}\text{C}$ (наружная оболочка). При $T \approx 105^{\circ}\text{C}$ (центр) зарегистрировано событие с очень высокой энергией. Формально - с характеристиками трещины II рода. Однако, вероятней всего, имели место механические подвижки, связанные с расположенной рядом периферийной трубой. Применение усреднения методом скользящего окна не позволило этому единичному событию нарушить общую тенденцию поведения амплитуд. В результате отображается картина, соответствующая кумулятивным распределениям микротрещин в исследуемой зоне на этой стадии термического нагружения. Это хорошо соотносится с работами [4],[5].

Затем были зарегистрированы еще несколько событий аналогичной природы, хотя и энергетически на порядок менее мощные. По мнению экспертов в области акустической эмиссии, наиболее вероятным представляется предположение, что источники зарегистрированной аномально высокой энергии - внешние помехи, как правило, антропогенного характера. Поэтому то, что они не повлияли на общий тренд распределения, обосновывает целесообразность применения усредняющих методов.

После отключения нагрева АЭ активность значительно снизилась, АЭ события с высокой амплитудой не регистрировались.

Анализ данных этих файлов (для второго и третьего дня) и предыдущего файла показывает, что во время падения температуры и ее подъема до ранее достигнутых значений, а также на выдержке при этих значениях, регистрировалась невысокая АЭ активность. Рост АЭ активности не происходит до превышения ранее достигнутого уровня нагрузки, если только среда не содержит дефекты критических размеров.

Получены следующие **результаты**:

1. Выявлены зависимости поведения трендов с результатами воздействия нагрузок различного вида на весь массив данных.
2. Применение метода скользящего окна позволяет отсеять пиковые значения слишком больших и слишком маленьких амплитуд отдельных сигналов, для того, чтобы явно увидеть общий тренд процесса изменения амплитуды в целом.
3. Разработанный программный комплекс является удобным инструментом для обработки большого объема данных АЭ, полученных в экспериментах по термонагрузке, для их визуализации и сравнения с температурными графиками.
4. Совпадение трендов имеет место также при охлаждении конструкции.

Список литературы

1. Тихонова О.А. Сравнительный анализ различных алгоритмов скользящего усреднения с использованием критерия минимального среднего квадрата ошибок. ДонНТУ, 2008.
2. Шелухин О. И., Гармашев А. В. Обнаружение DOS и DDOS-атак методом дискретного вейвлет-анализа //Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2011. – №. S1.
3. Нефедьев Е. Ю., Смирнов А. Д., Гомера В. П. Разработка методических приемов для повышения эффективности АЭ контроля теплообменников. //Современное машиностроение. Наука и образование. – 2014. – №. 4. – С. 408-418.
4. Ботвина Л. Р. Разрушение: кинетика, механизмы, общие закономерности. – Наука, 2008.
5. Ботвина Л. Р., Петерсен Т. Б., Тютин М. Р. Оценка и анализ b-параметра акустической эмиссии //Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2011. – Т. 77. – №. 3. – С. 43-50.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «УМНЫЙ ТРЕКЕР»

Ф. М. БИМБЕТОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данном докладе рассмотрена идея создания мобильного приложения для личного потребительского спроса, в рамках которой описывается процесс получения полезной для потребителя информации о собственном передвижении и анализа полученных данных.

Ключевые слова: мониторинг, передвижение

В настоящее время стало очень популярным иметь фитнес браслеты, навигаторы, гаджеты, с помощью которых можно мониторить активность в течение дня. Но, чтобы постоянно быть информированным о том, сколько шагов вы совершаете ежедневно, количество сбрасываемых калорий, в каких местах вы побывали - совсем необязательно приобретать специальный дорогой гаджет, так как вся нужная функциональность уже имеется на ваших смартфонах. Для этого всего лишь потребуется приложение для сбора, анализа и отображения данных.

В связи с этим появилась идея разработать мобильное приложение для ведения учета о передвижениях и типа передвижения, с возможностью выявлять нахождение в окрестности какой-либо точки на карте. То есть пользователь может в конце дня посмотреть путь, который был пройден, и отметить тип транспорта (автомобиль, метро, автобус, трамвай, троллейбус и др.). Также при нажатии на определенный объект, на карте выделяется область с заданным радиусом, из которой вы можете получить нужную вам информацию, а именно дату и время пребывания в этом районе. Данная функция будет способствовать более активному использованию данного приложения.

Кому это нужно?

После отличного отдыха или путешествия довольно часто многие люди хотят просмотреть пройденный маршрут. Данное приложение поможет вспомнить: где они проплывали на пароме, где проезжали на двухэтажных экскурсионных автобусах, где катались на четырехместном велосипеде, где совершали прогулку, а где просто бегали, держась за руки. А также убедиться когда и во сколько пользователь был на работе, дома, в музее, театре, парке-ему достаточно кликнуть на эту местность и он получит список с желаемой информацией.

Как это работает?

Общая схема работы всех элементов информационной системы под платформу IOS предполагает следующий сценарий работы:

1. Запрос получения геолокации у пользователя
2. Обработка полученных данных с помощью встроенного класса CMMotionActivity и библиотеки CoreLocation.

- Класс CMMotionActivity имеет функцию, которая позволяет определить тип движения (ходьба, бег, транспорт, велосипед, стационарный).

- Библиотека CoreLocation – позволяет определить координаты пользователя с помощью двух значений: долготы и широты.

Запрос на определение геолокации и типа передвижения будет происходить каждую минуту, если после пятой минуты передвижений нет и телефон находится в стационарном положении, то запрос будет совершаться каждые 5 минут - что даст существенную экономию энергозатрат батареи телефона. Также в этой точке установится флажок с возможностью подписать данное место. Как только изменится активность, приложение будет запрашивать данные каждую минуту.

3. Отправка данных по местоположению и типу активности в базу данных будет осуществляться при выполнении двух условий:

- 1) с последней отправки данных прошло больше 24 часов
- 2) имеется доступ к интернету

В качестве базы данных используется облачная СУБД «Firebase».

4. При запросе вывести историю пребывания в указанной территории, осуществляется поиск в базе данных по имеющимся координатам. Расстояния между двумя координатами будет рассчитываться с помощью функции distance из библиотеки CoreLocation. Таким образом, приложение получает дату и время пребывания в данной точки геолокации.

Монетизация приложения

Разработчики создают мобильные приложения с разной целью. Некоторые хотят получить больше клиентов, кто-то хочет продвигать свой бренд, а кто-то заработать здесь и сейчас. Для данного приложения заработком может служить бизнес-модель "Free Trial", идея которого состоит в том, что пользователь получает доступ ко всем функциям приложения в течение пробного периода. Это, как правило, тридцать дней. После того, как пользователь испытал все преимущества продукта, он, скорее всего, захочет приобрести его полную версию. То есть сделать бесплатной функцию, по определению истории пребывания в определенной местности, первые тридцать дней. В случае если пользователь не хочет ограничиваться этим периодом, он может выкупить полную версию

приложения за определенную сумму. Учитывая то, как запросы по поиску будут нагружать сервер, и что данная функция не имеется в десяти протестированных приложениях из этой сферы, было вынесено данное решение.

Список литературы

1. Apple documentation [Электронный ресурс] // URL: <https://developer.apple.com/documentation/corelocation/cllocation> (дата обращения: 05.03.18).
2. Find distance between two coordinates [Электронный ресурс] // Популярная система вопросов и ответов о программировании. URL: <https://stackoverflow.com/questions/33304340/how-to-find-out-distance-between-coordinates> (дата обращения 05.03.18).
3. Мобильный маркетинг » 6 способов монетизации мобильного приложения [Электронный ресурс] // URL: <http://punicapp.com/blog/ru/pages/537/6-sposobov-monetizatsii-mobilnogo-prilozheniya/> (дата обращения 05.03.18).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ К ЗАПРОСАМ В БАЗАХ ДАННЫХ

Л.М. ВЕРЕТЕННИКОВ, Е.В. СТАНЕВИЧ, А.В. ТАБАКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема производительности больших запросов в базах данных. Кратко рассмотрены способы оптимизации базы данных с их достоинствами и недостатками. Также приводится алгоритм и пример поиска подзапросов, которые могут выполняться параллельно, с применением теории графов и методов параллельных вычислений.

Ключевые слова: параллельный алгоритм, граф, параллельные запросы, параллельные вычисления, база данных, оптимизация.

Введение

На сегодняшний день использование баз данных является неотъемлемой частью функционирования предприятий и организаций. Поскольку растёт объём данных и требования к данным, поэтому проблема сокращения времени обработки данных продолжает оставаться актуальной. Приём и получение данных из базы является одним из узких мест. Таким образом оптимизация запросов позволяет существенно повысить производительность.

Существует множество методов оптимизации для баз данных и запросов: оптимизация сложных запросов, увеличение аппаратной производительности и другие.

Основные способы оптимизации баз данных:

1. Индексация таблиц. Таблица, не имеющая индексов, представляет собой беспорядочный набор строк. Например, для поиска нужной записи по id, необходимо проверить искомое значение на совпадение со всеми строками в таблице. Если таблица проиндексирована, то нет необходимости проверять на совпадения все строки в таблице. Сканирование по индексу возвращает одну строку и так как индексы отсортированы по возрастанию, то при нахождении искомого значения дальнейшее сканирование можно завершить. Индексы значительно ускоряют поиск данных, но также замедляют операции изменения, добавления и удаления, поскольку при каждом изменении необходимо изменять индекс.

2. Использование пользовательских переменных. Пользовательские переменные позволяют сохранять промежуточные результаты и использовать их при дальнейшем выполнении запроса, что может значительно ускорить время выполнения запроса.

Кроме приведенных выше способов оптимизации, существует множество и других способов. Также не все способы играют положительную роль. Каждая база данных требует индивидуальный подход к оптимизации, поэтому проблема оптимизации запросов продолжает оставаться актуальной.

Распараллеливание запросов

Выполнение большого запроса, как правило, выполняется на одном ядре, что может занимать значительное количество времени. Поэтому один из способов распараллеливания запросов – это разбиение одного большого запроса на множество подзапросов, выполняемых параллельно. При этом запросы для параллельного выполнения должны быть независимы друг от друга (т.е. результат одного запроса не должен влиять на формирование другого). Количество потоков обычно определяется количеством ядер.

Ниже приведен алгоритм распараллеливания запросов [1, 2, 3]:

Шаг 1. Создать множества с выходными вершинами. Поместим в множество все выходные вершины из списка.

Шаг 2. Создать множества с входными вершинами. Поместим в множество все входные вершины из списка.

Шаг 3. Удалить вершины из выходного множества все вершины, которые встречаются во входном множестве.

Шаг 4. Если выходное множество содержит хоть одну вершину, то добавить оставшиеся вершины в новую группу расписания, в противном случае – конец алгоритма (решений нет).

Шаг 5. Удалить из списка рёбра, у которых входное значение совпадает со значением из расписания.

Шаг 6. Перейти к шагу 1, пока существуют вершины, которые можно вычеркнуть. В противном случае – переходим к шагу 6.

Шаг 7. Добавить в новую группу расписания вершины, которые остались в выходном множестве.

Шаг 7. Добавить в новую группу расписания вершины, которые остались во входном множестве.

Пример работы метода

Пусть есть запрос вида:

```
SELECT * FROM worker WHERE worker.skill IN
  (SELECT name FROM skills WHERE spec_id =
    (SELECT id FROM specializations WHERE specializations.id IN
      (SELECT id FROM faculties WHERE faculties.university_id IN
        (SELECT id FROM universities WHERE universities.city_id =
          (SELECT id FROM cities WHERE cities.name = 'Saint Petersburg'))
        AND specializations.name = 'IT'))
    AND (worker.departament_id =
      (SELECT id FROM departaments WHERE departaments.id IN
        (SELECT departament_id FROM organizations WHERE (organizations.city_id =
          (SELECT id FROM cities WHERE cities.name = 'Saint Petersburg'))
        AND (departaments.spec_id =
          (SELECT id FROM specializations WHERE specializations.name = 'IT')))))));
```

Рис. 1. Пример подзапроса

Представим подзапросы в виде графа зависимостей (вершины пронумерованы в произвольном порядке), где каждая вершина – это отдельно выполняемый подзапрос.

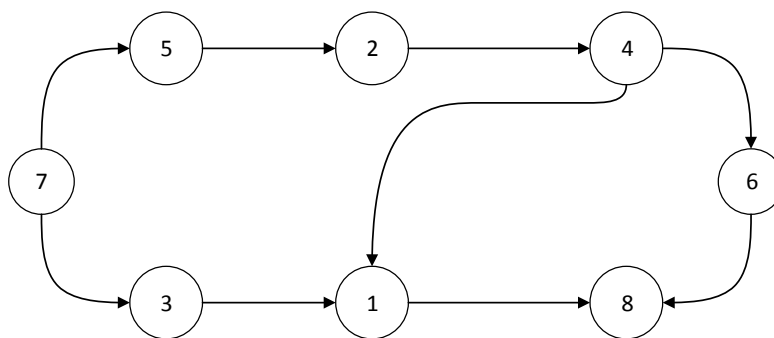


Рис. 2. Исходный граф

Представим всё рёбра графа в виде списка («выход» – «вход»).

{(3 - 1), (4 - 1), (5 - 2), (7 - 3), (2 - 4), (7 - 5), (4 - 6), (1 - 8), (6 - 8)}

Создадим множество с выходными вершинами: {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}.

Создадим множество с входными вершинами: {1, 2, 3, 4, 5, 6, 8}.

Удалим вершины из выходного множества все вершины, которые встречаются во входном множестве. Получим: {7}.

Добавим оставшиеся вершины в новую группу расписания: [{7}].

Удалить из списка рёбра, у которых входное значение совпадает со значением из расписания. Получим: {(3 - 1), (4 - 1), (5 - 2), (2 - 4), (4 - 6), (1 - 8), (6 - 8)}.

Снова создадим множество с выходными вершинами: {1, 2, 3, 4, 5, 6}.

Создадим множество с входными вершинами: {1, 2, 4, 6, 8}.

Удалим вершины из выходного множества все вершины, которые встречаются во входном множестве. Получим: {3, 5}.

Добавим оставшиеся вершины в новую группу расписания: [{7}, {3, 5}].

Удалить из списка рёбра, у которых входное значение совпадает со значением из расписания. Получим: {(4 - 1), (2 - 4), (4 - 6), (1 - 8), (6 - 8)}.

Снова создадим множество с выходными вершинами: {1, 2, 4, 6}.

Создадим множество с входными вершинами: {1, 4, 6, 8}.

Удалим вершины из выходного множества все вершины, которые встречаются во входном множестве. Получим: {2}.

Добавим оставшиеся вершины в новую группу расписания: [{7}, {3, 5}, {2}].

Удалить из списка рёбра, у которых входное значение совпадает со значением из расписания. Получим: $\{(4 - 1), (4 - 6), (1 - 8), (6 - 8)\}$.

Снова создадим множество с выходными вершинами: $\{1, 6, 4\}$.

Создадим множество с входными вершинами: $\{1, 6, 8\}$.

Удалим вершины из выходного множества все вершины, которые встречаются во входном множестве. Получим: $\{4\}$.

Добавим оставшиеся вершины в новую группу расписания: $[\{7\}, \{3, 5\}, \{2\}, \{4\}]$.

Удалить из списка рёбра, у которых входное значение совпадает со значением из расписания. Получим: $\{(1 - 8), (6 - 8)\}$.

Добавить в новую группу расписания вершины, которые остались в выходном множестве: $[\{7\}, \{3, 5\}, \{2\}, \{4\}, \{1, 6\}]$.

Добавить в новую группу расписания вершины, которые остались в выходном множестве: $[\{7\}, \{3, 5\}, \{2\}, \{4\}, \{1, 6\}, \{8\}]$.

Получим итоговое расписание:

T1: $\{7\}$, T2: $\{3, 5\}$, T3: $\{2\}$, T4: $\{4\}$, T5: $\{1, 6\}$, T6: $\{8\}$

В результате алгоритм обрабатывает за 6 единиц времени, что на 2 единиц меньше, если бы все подзапросы выполнялись последовательно.

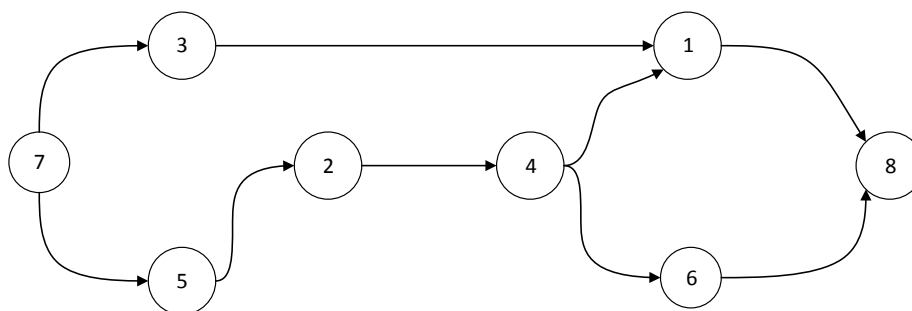


Рис. 3. Граф в параллельной форме

Заключение

В статье были кратко затронуты различные способы оптимизации базы данных, такие как индексация таблиц, использование пользовательских переменных и т.д. Также приведены их достоинства и недостатки.

Описанный метод оптимизации основанный на теории графов, показывает возможность оптимизации больших запросов.

Разбиение одного большого запроса на подзапросы позволяет сократить время их обработки. К таким запросам могут быть применены методы параллельных вычислений с применением теории графов, что позволяет максимально задействовать аппаратные ресурсы и снизить требования к аппаратуре.

Список литературы

1. Шичкина Ю.А. Применение списков следования для оптимизации информационного графа по высоте. Системы. Методы. Технологии. № 9. 2011. С. 68-77.
2. Шичкина Ю.А. Взвешенные графы в параллельных вычислениях. Современные наукоемкие технологии. 2009. № 11. С. 93-97.
3. Шичкина Ю.А. Комбинированный метод многопараметрической оптимизации взвешенного информационного графа. Системы. Методы. Технологии. № 7. 2010. С. 76-82.
4. Моргунов Е.П. Язык SQL. Базовый курс
5. Грофф. Дж.Р., Вайнберг П.Н., Оппель Э.Дж. SQL. Полное руководство

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MPI

Д.А. ГРАЧЕВА, Е.А. МАЛИНИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассматривается сравнительный анализ выполнения высокопроизводительных вычислений с использованием технологии MPI. Исследование основано на времени выполнения трудоемких вычислений программами, которые реализованы на таких языках, как Fortran, C/C++. Также рассмотрены функциональные возможности библиотеки MPI, ее достоинства и недостатки.

Ключевые слова: MPI, высокопроизводительные вычисления, параллельное программирование, Fortran, C/C++.

В настоящее время тема высокопроизводительных вычислений одна из наиболее актуальных в сфере информационных технологий и в других прикладных областях, поскольку сегодня возникает большое количество трудоемких задач, которые не все компьютеры способны выполнить из-за ограниченности времени или нехватки ресурсов. Для решения и ускорения вычислений подобных задач производят распараллеливание вычислительного процесса.

Для реализации параллельных программ сегодня предлагается много различных библиотек и интерфейсов, таких как MPI, OpenMP, PVM и т.д. Наиболее распространённой является технология MPI, поскольку содержится практически в каждой вычислительной системе. В виду повышенного интереса сегодня к высокопроизводительным вычислениям и распространённости библиотеки MPI проведенное исследование является безусловно актуальным.

В состав исследуемой технологии MPI входят заголовочные и библиотечные файлы для языков C/C++ и FORTRAN и загрузчик приложений. [1] В связи с этим встает вопрос, какой из этих языков программирования позволяет наиболее быстро и точно выполнить вычисления?

Цель работы: провести сравнение времени выполнения многопоточных вычислений на языках FORTRAN и C/C++ с использованием библиотеки MPI. Данное исследование проводилось с целью определить какой язык наиболее эффективно использовать при параллельном программировании трудоемких задач, а также для уменьшения затрат времени на вычисления программой.

В ходе исследования используется библиотека MPI, которая представляет собой модель передачи сообщений. Данная библиотека позволяет реализовывать программы фактически на любой аппаратной платформе с распределенной памятью или гибридной. Также в настоящее время довольно часто используются совместные алгоритмы с применением MPI и OpenMP, где MPI осуществляет коммуникации между вычислительными узлами, в то время как OpenMP-внутри узлов с общей памятью. [2]

Рассмотрим основные достоинства MPI:

- Возможность применения в языках Фортран, Си, Си++;
- Возможность сочетания обменов сообщениями и вычислений;
- Несколько способов передачи сообщений;
- Широкий набор коллективных операций;

- Удобные средства именования адресатов сообщений;
- Возможность задания типа передаваемой информации;

К основному недостатку MPI относится довольно сложный интерфейс для программиста и для реализации программ. [3]

Для проведения исследования был выбран алгоритм – перемножения матриц, поскольку данный алгоритм хорошо поддается распараллеливанию и достаточно трудоемок со стороны вычислений. Также в ходе работы было проведено сравнение времени выполнения вычислений последовательной реализации алгоритма с параллельной реализацией.

В ходе исследования было проведено ряд тестов с использованием матриц разной размерности для получения более точного результата. Результаты исследования представлены в таблице №1.

Таблица 1

Результаты исследования

Язык	Объем кода								
Размерность матрицы		10	50	100	200	300	400	500	600
Последовательная реализация		Время, мкс							
C/C++	209	0	0,002	0,009	0,04	0,16	0,42	0,84	3,62
Fortran	98	0	0,004	0,008	0,056	0,192	0,52	1,040	3,68
Параллельная реализация									
C/C++	347	0	0,002	0,009	0,04	0,16	0,41	0,82	3,257
Fortran	341	0	0,004	0,009	0,06	0,19	0,50	0,97	3,42

В результате работы, проведя сравнение времени выполнения многопоточных вычислений на языках FORTRAN и C/C++, было выявлено, что программы, реализованные на Fortran, так и программы на C/C++ с использованием библиотеки MPI позволяют быстро и точно получить результат. При этом, исходя из полученных результатов можно сказать, что время выполнения вычислений программами на Fortran больше, и если при вычислении матриц небольшой размерности разница во времени между программами незначительна, то при проведении большего объема вычислений отличие более ощутимо. Также можно отметить, что для решения простых задач быстрее и эффективнее использовать последовательный алгоритм. Параллельное программирование удобнее использовать при более сложных вычислениях, когда последовательные программы выполняют вычисления довольно долго, из-за большого объема обрабатываемой информации.

Список литературы

1. Ивашко Е. Е. Современные технологии высокопроизводительных вычислений - Петрозаводск 2016г. – 61с.
2. Жалнин Р.В., Панюшкина Е.Н., Пескова Е.Е., Шаманаев П.А Основы параллельного программирования с использованием технологий MPI и OpenMP - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» - Саранск, 2013г-78с.
3. Лекции по параллельному программированию [Электронный ресурс] - 19.11.2011г. URL: <http://www.studmed.ru/docs/document10943/content>

АЛГОРИТМ АРХИВАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ, РАБОТАЮЩЕЙ В СИСТЕМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

А. Д. ДЕДОВ¹, Н. С. КОНДЫБАЕВ², В. В. ШИРОКОВ¹

¹ *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

² *СПб филиал ОАО «РТИ имени А. Л. Минца»*

Аннотация. Рассматривается алгоритм архивации базы данных в системе с высокой частотой записи в таблицы. Пока запись производится в таблицы одной схемы, производится сохранение в файле и очистка другой схемы. Для реализации алгоритма в программе создается отдельный поток, в котором периодически вызывается команда выгрузки схемы в файл, затем группа sql-запросов очистки таблиц схемы.

Ключевые слова: База данных, схема, выгрузка, архивирование, параллельность, поток, процесс, мьютекс, неделимость

Информационные системы, работающие в режиме 24/7 и записывающие информацию в таблицы базы данных с малым периодом (доли секунд), порождают такое количество записей, что их последующий анализ становится затруднительным.

При таком режиме работы базу данных необходимо периодически архивировать в файлы с последующей очисткой таблиц для накопления новых данных [1].

Процесс архивирования и очистки таблиц, содержащих сотни тысяч записей, занимает конечное время, а условия работы системы таковы, что продолжается поступление данных, которые необходимо сохранять.

Одним из наиболее крупных объектов базы данных, который может быть выгружен за одну команду, например, команду `pg_dump` в базе данных PostgreSQL [2], является схема (SCHEMA) [3]. Однако очистка таблиц схемы командами `TRUNCATE` во время параллельной записи новых данных является небезопасной операцией. Опасность заключается в возможности появления несогласованных данных в нескольких таблицах.

В этом случае может быть использован механизм работы с двумя идентичными схемами, при котором в одном потоке производится запись данных в определенную схему, в то время как во втором потоке производится архивирование и очистка другой схемы.

Переключение схем в этом случае производится следующими действиями

```
mutex.lock();  
if (currentSchemaName == schemaName1){  
    currentSchemaName = schemaName2;  
    oldSchemaName = schemaName1;  
}else{  
    currentSchemaName = schemaName1;  
    oldSchemaName = schemaName2;  
}  
mutex.unlock();
```

Здесь `schemaName1` и `schemaName2` – имена двух используемых схем, `currentSchemaName` – имя схемы, в которую будет производиться запись, `oldSchemaName` – имя схемы, которая будет архивироваться и очищаться, `mutex` – мьютекс, обеспечивающий неделимость операции переключения схем. Этот же мьютекс используется в потоке записи данных в схему.

Наличие мьютекса обеспечивает гарантию, что запись в таблицы одной схемы начнет выполняться только тогда, когда произойдет переключение для выгрузки данных из другой схемы.

Параллельность записи в одну схему и архивирования/очистки другой схемы обеспечивается потоками. Поток архивирования вызывается периодически, период активизации потока может быть подобран из требований объема сохраняемых данных.

Для использования в потоке архивирования программы `pg_dump` необходимо создать процесс.

Создание процесса внутри потока архивирования выполняется следующими действиями

```
pid = fork();
if (pid == 0) {
    execvp("pg_dump",arg_list);
}else{
    waitpid(pid,status,0);
}
```

Здесь `pid` – идентификатор дочернего процесса, порождаемого функцией `fork()` [4] для выполнения программы `pg_dump`, `arg_list` – список параметров, передаваемых программе `pg_dump`, `status` – статус завершения дочернего процесса.

Очистка схемы `sql`-запросами `TRUNCATE` теперь не представляет опасности, поскольку выполняется со схемой, которая в этот момент не используется для записи.

Рассмотренный поток архивирования и очистки схемы базы данных периодически активировался в приложении, записывающем данные в реальном масштабе времени. Архивированные данные сохранялись в файлах, анализ которых показал отсутствие потерь данных.

Список литературы

1. Разбираемся с утилитами для бэкапа баз данных. URL: <https://xakep.ru/2014/10/16/database-backup-servers/> (дата обращения 20.02.2018).
2. Документация к Postgres Pro. URL: <https://postgrespro.ru/docs/postgrespro/10/app-pgdump> (дата обращения 25.02.2018).
3. Схема базы данных. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Схема_базы_данных (дата обращения 10.02.2018).
4. The Linux Programming Interface. URL: <http://man7.org/linux/man-pages/man2/fork.2.html> (дата обращения 17.02.2018).

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРАХ

Д. С. ДЕМЕНТЬЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассматривается применения перечня возможностей в операционных системах Windows и Linux. Данный механизм управления доступом к ресурсам значительно повышает безопасность всей системы.

Ключевые слова: перечни возможностей, информационная безопасность, Windows, Linux

С развитием информационных систем всё сильнее встаёт вопрос о компьютерной безопасности. На сегодняшний день этот вопрос касается не только владельцев бизнеса со сложными системами, но и обычных пользователей, на чьих компьютерах всё больше и больше хранится ценной информации. Одна из основных задач современных операционных систем – защита этой информации от несанкционированного использования.

За последние несколько десятилетий вопросы безопасности операционных систем претерпели радикальные изменения. Почти все компьютеры были изолированы друг от друга и не подключены ни к каким сетям. Поэтому вопросы безопасности сводились практически только к избавлению пользователей от чужого вмешательства. С возрастанием роли персональных компьютеров, планшетных компьютеров, смартфонов и Интернета ситуация изменилась. Например, у многих устройств имеется только один пользователь, поэтому опасность того, что один пользователь получит доступ к приватным файлам другого пользователя, по большому счету, сошла на нет [1].

Именно поэтому в мобильных операционных системах, таких как Android или iOS, получили большое распространение списки прав доступа, называемые перечнем возможностей. Основная их особенность в том, что права даются приложению.

Такая схема управления доступом к ресурсам может значительно повысить безопасность всей системы и усложнить использование уязвимостей. Например, какое-либо приложение, запущенное от имени привилегированного пользователя, не сможет получить доступ к данным другого приложения без соответствующих прав.

На данный момент этот механизм только начинает внедряться в операционные системы для персональных компьютеров. Таким примером являются приложения универсальной платформы Windows (UWP) в ОС Windows 10 [2].

В данной работе описывается система управления доступом к объектам персонального компьютера на основе использования перечня возможностей. Перечни возможностей поддерживаются как в Linux-подобных операционных системах, так и в операционных системах семейства Windows.

Система позволяет пользователю, наделенному правами администратора безопасности (на практике, владельцу персонального компьютера) сформировать перечни возможностей доступа к объектам (файлам) для приложений, потенциально представляющих угрозу.

Основное внимание уделяется реализации системы в среде Windows в связи с широким ее использованием на домашних компьютерах.

Использование данной системы позволит существенно повысить безопасность домашних компьютеров. Система обеспечивает дружелюбный интерфейс и не требует высокой квалификации пользователей.

Таким образом, на сегодняшний день ведётся разработка утилиты, которая будет поддерживать данный механизм прав на операционных системах Windows и Linux.

Список литературы

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2015. 1120 с.
2. Что такое приложение универсальной платформы Windows (UWP)? [Электронный ресурс] // Microsoft Docs. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/uwp/get-started/whats-a-uwp> (дата обращения: 12.02.2018).

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УСТАЛОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА.

А.Д. ЖЕБРУН¹, М. Ю. УЗДЯЕВ², Д.А. БЕЗДЕНЕЖНЫХ¹.

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук

Аннотация. Рассмотрен нейросетевой метод оценки усталости человека по изображению лица. В основе метода лежит применение сверточных нейронных сетей для эффективного анализа изображений и определения усталости человека с высокой точностью. Предложена система оценки усталости человека по изображению лица в реальном масштабе времени, реализующая нейросетевой метод.

Ключевые слова: нейронные сети, сверточные нейронные сети, нейросетевая система, оценка усталости

В настоящее время остро стоит проблема оценки состояния внимания. Управление транспортными средствами, работа диспетчеров, операторов автоматизированных систем управления и принятия решений ставят высокие требования к состоянию внимания человека. При накапливаемом за время работы утомлении резко снижается концентрация внимания, что сильно сказывается на качестве выполняемой работы и может привести к пагубным последствиям.

На данный момент существует ряд методов, позволяющих производить оценку усталости и состояния внимания человека. Такие методы можно условно разделить на две группы. В первую группу включают методы, оценивающие усталость человека по данным электрофизиологических сигналов [1]: мозга (электроэнцефалограммы), сердца (электрокардиограммы), мышц (электромиограммы) и т.д. Во вторую группу включают методы опосредованной оценки усталости на основе анализа изображения лица человека. Методы первой группы способны более эффективно выполнять оценку усталости, однако, их применение затруднено удобством использования в повседневной практике. Кроме того, применение этих методов требует использование специализированных дорогостоящих датчиков. Методы второй группы позволяют с приемлемым качеством осуществлять оценку усталости человека на расстоянии без непосредственного его участия. Применение таких методов целесообразно также с экономической точки зрения.

Специфика существующих методов оценки усталости человека по изображению лица [2 – 4] заключается в следующем: на каждом кадре видеопотока сначала выделяется изображение лица, затем на выделенном изображении лица выделяются области глаз и рта. С помощью различных методов, анализирующих предварительно выделенные области изображения, выполняется оценка усталости человека. Однако, последовательное выполнение операций выделения требуемых областей на изображении занимает дополнительное время и замедляет работу систем оценки состояния усталости. Необходима разработка таких методов оценки усталости, которые бы обеспечивали высокое качество оценки и работали в реальном масштабе времени.

Цель данной работы заключается в повышении эффективности систем оценки усталости человека в реальном масштабе времени по изображению его лица. Для достижения поставленной цели необходимо разработать метод и нейросетевую систему оценки усталости человека по изображению лица.

Как было указано выше, существующие методы позволяют эффективно оценивать усталость человека на основе анализа предварительно выделенных областей лица, глаз,

рта и т.д. Однако, существуют методы, позволяющие эффективно выделять требуемые признаки визуальных объектов непосредственно на изображении с различным фоном, расположением объектов, наличием искажений, шума и т.д. К таким методам относят применение сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Network) [5].

С целью обеспечения высокого качества оценки усталости человека в реальном масштабе времени предлагается нейросетевой метод оценки усталости человека по изображению лица. На примере системы, приведенной на рис. 1, рассмотрим особенности предлагаемого метода: на вход сверточной нейронной сети подаются кадры видеопотока с камеры наблюдения. Сверточная нейронная сеть выполняет анализ изображения лица и выделяет те признаки, которые характеризуют состояние усталости человека. Полученные на выходе сверточной нейронной сети признаки, поступают на вход блока идентификации состояния усталости. В этом блоке на основе динамики выделенных признаков, осуществляется конечная идентификация усталости человека и выдается сигнал о потере человеком концентрации. В блоке идентификации могут быть использованы как простые методы (например, таймер, который вычисляет время состояния, идентифицированного сверточной нейросетью как состояние усталости), так и методы, осуществляющие глубокий анализ сложной динамики следования признаков (например, скрытые марковские модели [6], рекуррентные нейронные сети [7] и т.д.)



Рис. 1. Система оценки усталости человека по изображению лица

Предложенный метод позволяет осуществлять глубокую обработку изображения, выделять требуемые признаки и эффективно оценивать состояние усталости человека непосредственно по кадру видеопотока без необходимости предварительного выделения области лица, глаз, рта на изображении для последующего анализа. Такой подход позволяет существенно снизить временные затраты на обработку и обеспечить оценку усталости человека с высокой точностью в реальном масштабе времени.

Список литературы

1. Sahayadhas A., Sundaraj K., Murugappan M. Detecting driver drowsiness based on sensors: a review //Sensors. – 2012. – Т. 12. – №. 12. – С. 16937-16953
2. Кухарев Г. А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии/Под ред //МВ Хитрова. СПб: Политехника. – 2013. – С. 177-182
3. Saradadevi M., Bajaj P. Driver fatigue detection using mouth and yawning analysis //International journal of Computer science and network security. – 2008. – Т. 8. – №. 6. – С. 183-188
4. Flores M. J., Armingol J. M., de la Escalera A. Real-time drowsiness detection system for an intelligent vehicle //Intelligent Vehicles Symposium, 2008 IEEE. – IEEE, 2008. – С. 637-642
5. LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P.. Gradient-based learning applied to document recognition//Proceedings of the IEEE. – 1998. – Т. 86. – №. 11. – С. 2278-2324
6. Baum L. E., Petrie T. Statistical inference for probabilistic functions of finite state Markov chains //The annals of mathematical statistics. – 1966. – Т. 37. – №. 6. – С. 1554-1563
7. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – "Издательский дом "Питер", 2017. С. 231-276

ОЦЕНКА ДЛИНЫ ПЕРИОДА НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМАХ

С.А. ЖМЫЛЁВ, И.Г. МАРТЫНЧУК, В.Ю. КИРЕЕВ

Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Аннотация. В работе решается проблема автоматической оценки периодических нагрузочных процессов, протекающих в облачных вычислительных системах. Классический подход при моделировании нагрузки таких систем подразумевает стационарность потока входящих запросов. В работе предложен численный метод для автоматической оценки длины периода произвольных периодических функций. В качестве степени схожести функций выбран коэффициент корреляции Пирсона. Для ускорения расчёта математического ожидания и среднеквадратического отклонения предложено хранить массивы сумм значений измеряемых величин. Вычислительная сложность метода упрощена до полиномиальной. Выявлены свойства комбинаций нестационарных процессов и предложен способ их представления в аналитической форме. В ходе многочисленных экспериментов с идеальными, зашумлёнными и реальными данными доказана точность предложенных методов.

Ключевые слова: периодическая функция, облачная система, численный метод, система с очередями, математическое моделирование, нестационарный процесс.

В настоящее время широко распространены вычисления в облачных системах, предоставляющих широкий спектр решаемых задач при малом времени обработки пользовательских запросов. Примерами таких систем могут служить различные интернет-сервисы преобразования форматов изображений и медиа файлов, сервисы для выполнения математических расчетов и сервисы для коллективной работы с офисными документами. Ввиду того, что облачные системы, как правило, имеют веб-интерфейс, для работы с ними не требуется иметь специализированное программное обеспечение, поэтому постоянно увеличивается число их пользователей и возрастает суммарная нагрузка на них.

При проектировании облачной системы владельцу ЦОД необходимо оценить максимальную нагрузку на приобретаемое аппаратное обеспечение [1, 2]. Эта задача может быть решена с помощью описания предполагаемой нагрузки в терминах теории массового обслуживания и анализа математической модели, на основе которого может быть определен состав приобретаемого аппаратного обеспечения.

Поскольку реальные нагрузочные процессы не обладают свойством стационарности, широко используемые аналитические методы теории массового обслуживания не подходят для их описания и исследования [3]. Это затрудняет решение задачи проектирования облачной системы. Поэтому, возникает необходимость разработки методики исследования нестационарных процессов. Процессы, определяющие нагрузку на облачные вычислительные системы, относятся к классу периодических нестационарных процессов, ввиду естественной периодичности в нагрузке, создаваемой реальными пользователями таких систем [4].

В соответствии с этим была сформулирована цель работы: выявление свойств систем с нестационарными процессами. Для достижения поставленной цели был определен следующий ряд задач.

1. Предложить подход к описанию нестационарных распределений в виде аналитической модели.
2. Разработать метод аппроксимации нестационарных распределений.
3. Предложить способ композиции нестационарных процессов.
4. Проанализировать адекватность предложенных решений.

В ходе работы выявлено, что аналитическое представление нестационарных периодических процессов можно получить с помощью описания функции плотности распределения и зависимости интенсивности поступления заявок в систему от времени.

В результате анализа сетевой активности крупнейшей в России точки обмена интернет данными MSK-IX[5] (рис. 1) был сделан вывод, что изменение интенсивности входящих запросов в облачных системах имеет синусоидальный характер. Предложенный метод позволяет представить измеренные на реальной системе данные в виде распределения с помощью уравнения гармонического колебания.

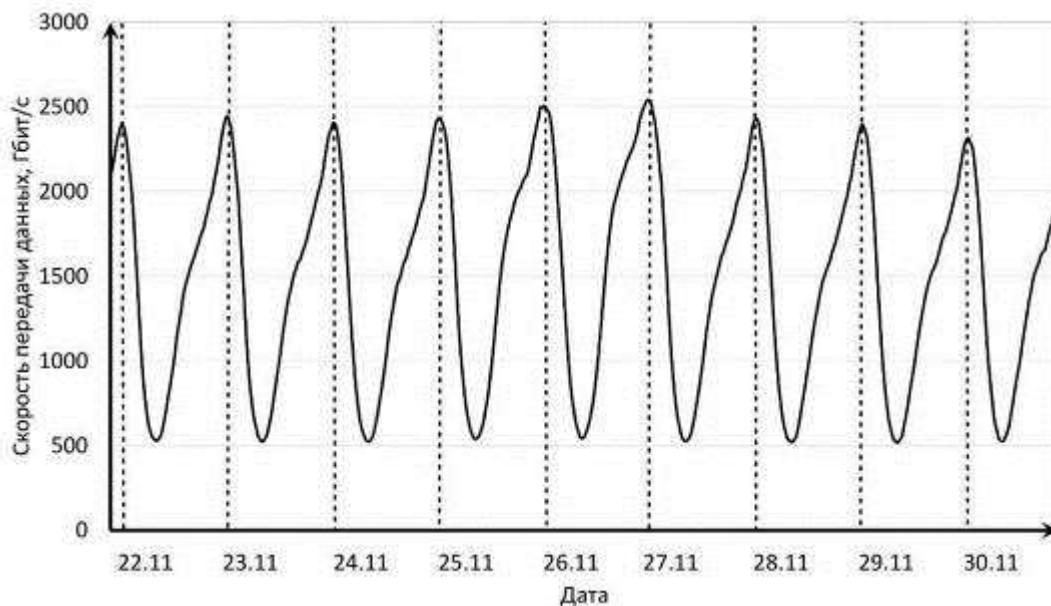


Рис. 1. Суммарный транзитный трафик через узлы MSK-IX в неделю

Выявлено, что для описания композиции нестационарных процессов функция плотности распределения может быть рассчитана как сумма плотностей распределения компонент, а функция интенсивности — как сумма интенсивностей. При этом под композицией понимается одновременное разыгрывание случайных величин, задающих исходные процессы.

В результате ряда экспериментов с синусоидальной интенсивностью поступления заявок в систему была подтверждена достоверность полученных аналитических результатов. Выявлено, что, если сумма средних интенсивностей не приводит систему к перегрузкам, то вне зависимости от суммы максимальных значений интенсивностей, система испытывает только кратковременные перегрузки, то есть стационарный режим перегрузки не устанавливается. Выявлено, что в таких системах не возникает массовых потерь заявок при достаточных емкостях накопителей [6]. Однако открытым остается вопрос выбора емкостей таких накопителей, чтобы система функционировала корректно.

По завершении работы были достигнуты следующие результаты.

1. Сформулирован подход к описанию нестационарных распределений в виде аналитической модели.
2. Разработан метод аппроксимации нестационарной интенсивности сетевой активности с помощью функции синуса.

3. Предложен способ композиции нестационарных процессов путём сложения функций, описывающих характер изменения интенсивности входящих потоков запросов.
4. Разработана программа, выполняющая аппроксимацию согласно предложенному методу.
5. По результатам проверки выявлен ряд свойств систем с очередями, зависящих от характера интенсивности входных потоков заявок.

Список литературы

1. V.A. Bogatyrev, A.V. Bogatyrev. "Functional reliability of a realtime redundant computational process in cluster architecture systems", Automatic Control and Computer Sciences, vol. 49, No. 1, pp. 46-56, 2015.
2. V.A. Bogatyrev, S.A. Parshutina, N.A. Poptcova, A.V. Bogatyrev. "Efficiency of redundant service with destruction of expired and irrelevant request copies in real-time clusters", Communications in Computer and Information Science, vol. 678, pp. 337-348, 2016.
3. И.А. Зикратов, С.В. Одегов. Оценка информационной безопасности в облачных вычислениях на основе байесовского подхода // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2012, №4 (80), с.121—126.
4. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Надежность мультикластерных систем с перераспределением потоков запросов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение - 2017. - Т. 60. - № 2. - С. 171-177.
5. Акционерное общество «Центр взаимодействия компьютерных сетей «МСК-IX» (АО «ЦВКС «МСК-IX»). Суммарный трафик участников, передаваемый через MSK-IX. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.msk-ix.ru/traffic/>, дата обращения: 13.02.2018.
6. Aliev T. I., Rebezova M.I., Russ A.A. Statistical Methods for Monitoring Travel Agencies in the Settlement System // Automatic Control and Computer Sciences, 2015, Vol. 49, No. 6, pp. 321–327.

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

К. М. Зайдулин¹, С. М. Зайдулин¹, Ш. С. ФАХМИ^{1,2,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
ЗАО «НИИ телевидения»

Аннотация. Разработана система автоматизированного обнаружения дорожных знаков в видеопотоке, используя метод Виолы-Джонса. Приведено сравнение различных подходов для создания тренировочной базы, их преимущества и недостатки

Ключевые слова: система помощи водителю, поиск дорожных знаков, метод Виолы-Джонса, обработка видеопотока

Введение

В последнее время задача обнаружения транспортных средств [1] и в частности дорожных знаков (ДЗ) [2] решалась многими специалистами как в нашей стране, так и за рубежом. Актуальность данной задачи обусловлена вопросами обеспечения безопасности дорожного движения. Однако, мощность вычислительного оборудования не позволяет осуществлять обработку больших объемов визуальных данных в реальном времени. К тому же, цифровые камеры не позволяют получать изображения достаточного размера.

Развитие вычислительной техники и появление современных мобильных процессоров позволило многим автопроизводителям установить в автомобили системы технического зрения. Одним из немаловажных направлений исследования в таких системах является

автоматическое распознавание дорожных знаков, позволяющее водителю лучше ориентироваться в дорожной обстановке, а также существенно снижающее вероятность возникновения ДТП из-за невнимательности водителя.

При построении систем автоматизированного обнаружения ДЗ возникает множество трудностей:

- 1) Различные условия освещения ДЗ, связанное с погодными условиями (пасмурно, ясно) и временем суток;
- 2) расстояние ДЗ от камеры;
- 3) степень загрязнения ДЗ на дорогах;
- 4) угол поворота ДЗ. Даже небольшой угол поворота знака сильно усложняет его обнаружение;

5) переход от статических кадров к видеопотоку накладывает дополнительные ограничения на скорость работы, так как надо поддерживать приемлемую частоту кадров.

С учетом этих трудностей необходимым этапом распознавания является применение методов машинного обучения (machine learning), где различают два типа обучения: а) *индуктивное обучение*, на основе общих закономерностей эмпирических данных и б) *дедуктивное обучение*, на основе формализации знаний в виде базы знаний.

В основе предложенного метода лежит метод Виолы – Джонса [3], который часто применяется не только для поиска лиц на изображениях, но и в других задачах, при этом скорость его работы позволяет использовать его в видеопотоке.

Метод обнаружения дорожных знаков

Метод включает в себя два основных этапов:

1) обучение бинарного классификатора, который принимает на вход изображение и выдает на выходе “true”, если изображение является искомым, и “false” в противном случае. В работе этот этап выполнялся по алгоритму AdaBoost [4] и использует признаки Хаара [3];

2) поиск объектов на изображении, используя, полученный классификатор, с использованием метода скользящего окна (sliding window) (рис. 1).



Рис. 1. Пример работы скользящего окна

На этапе обучения характеристики результирующего классификатора в большей степени определяются качеством тренировочной и тестовой выборки. Например, если в базе содержатся изображения с хорошей освещенностью, то, скорее всего, классификатор будет ошибаться при попытке классифицировать объект в темное время суток. Поэтому для составления базы были использованы фотографии дорожных знаков, взятые в разное вре-

мя суток. При этом для достижения наилучшего качества обнаружения для каждого изображения выборки была применена операция зеркального отражения (рис. 2).



Рис. 2. Часть тренировочной базы

В России существует множество различных дорожных знаков, следовательно, задача построения требуемой тренировочной базы изображений не является тривиальной. Исходя из множества различных способов и вариантов, в работе были выбраны и протестированы два способа создания выборки:

1) формирование одной большой группы тренировочных изображений;

2) разбиение всех изображений на подгруппы, каждая из которых имеет схожий внешний вид. Например, треугольные, круглые или прямоугольные знаки, которые размещаются в разные тренировочные выборки. В результате создаются несколько классификаторов, каждый из которых ответственен за осуществление соответствующей классификации своей группы изображений.

В представленной работе были собраны базы двух типов: 1) знаки пешеходного перехода; 2) знаки ограничения скорости и запрета движения. При этом для получения высокой скорости обнаружения с учетом различных условий шума и помех потребуется особая база для обучения (таблица 1).

Таблица 1

№	Тренировочная положительная выборка	Тренировочная отрицательная выборка	Тестовая положительная выборка	Тестовая отрицательная выборка	Характеристики получившегося классификатора	Затраченное время
1	Знаки пешеходного перехода (78 изображений)	240 млн. изображений без дорожных знаков (из них отбираются 4000, в которых классификатор ошибся)	Знаки пешеходного перехода (78 изображений)	240 млн. изображений без дорожных знаков	13 уровней, 40 признаков Хаара	20 часов
2	Знаки ограничения скорости и запрета движения (942 изображения)		Знаки ограничения скорости и запрета движения (942 изображения)		15 уровней, 320 признаков Хаара	68 часов

Упрощенный алгоритм обучения классификатора:

1) перебор всевозможных комбинаций координат x и y , высоты и длины для формирования списка слабых классификаторов. Например, для изображения размером 32×32 и 5 признаков Хаара список будет состоять из 510112 классификаторов. Поэтому целесообразно не хранить такой список в памяти, а генерировать его динамически;

2) используя алгоритм Adaboost, находится слабый классификатор, который минимизирует взвешенную (с учетом веса каждого изображения тренировочной базы) ошибку. Скорость выполнения данного этапа определяет скорость обучения классификатора, поэтому в представленной работе значения слабых классификаторов вычислялись парал-

тельно, что позволило сократить время, требуемое для нахождения лучшего классификатора, с 20-и до 5-и минут;

3) вычисление показателя верных и ложных срабатываний (detection rate и false positive rate). Если показатели удовлетворяют требуемым условиям, то уровень заканчивается и идет сборка новой тренировочной базы негативных изображений и переход к п. 1.

Данный алгоритм позволяет в конечном итоге получить классификатор, состоящий из нескольких уровней, каждый из которых содержит в себе список слабых классификаторов, представляющих собой комбинации признаков Хаара и их весов.

Далее эффективной является процедура скользящего окна (рамки), алгоритм которого включает следующие основные шаги:

1) установка начального размера окна (например, 32х32);

2) установка коэффициента масштабирования окна и размер шага перемещения рамки (например, 1.1 и 2 соответственно);

3) начиная с левого верхнего угла изображения, последовательно перемещаем рамку при этом на каждом шаге применяем найденный ранее бинарный классификатор. Если классификатор решил, что в текущей рамке содержится искомый объект, то добавляем координаты скользящего окна в результирующий список

4) когда все позиции на изображении просмотрены, масштабируем рамку и переходим на шаг 3

В результате работы описанного выше алгоритма был получен список координат рамок. Далее необходимо сгруппировать схожие результаты. Для этого необходимо:

1) разбить множество рамок по группам таким образом, чтобы их углы располагались рядом;

2) удалить все группы, размер которых меньше чем пороговое значение (например, 3 рамки). Делается это для того, чтобы отфильтровать нежелательные ложные срабатывания классификатора.

Результаты обучения и тестирования

Проведенные исследования и полученные результаты на кафедре САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и в АО «НИИТ» показали, что для решения задачи обнаружения ДЗ в видеопотоке целесообразно использовать второй способ формирования тренировочной выборки - разбиение всех изображений на подгруппы.

Данный вывод позволяет уменьшить размер классификаторов и, следовательно, увеличить скорость обнаружения по сравнению с функционированием классификатора, полученного с помощью первого способа.

В таблице 2 отображена скорость работы представленного алгоритма обнаружения знаков для на некоторых изображениях.

Таблица 2

№	Размер кадра	Время обработки
1	1200 x 900	0,415 с.
2	620x450	0,140 с.
3	300x250	0,050 с.

Заключение

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы:

1) предложенный метод позволил эффективно решить задачу поиска дорожных знаков на изображениях с большой вероятностью правильных обнаружений;

2) высокая скорость работы алгоритма позволяет использовать его в системах в режиме реального времени;

3) при формировании тренировочной выборки для обучения классификатора предпочтительнее разбивать всю базу на группы изображений со схожим видом (например, на треугольные и квадратные дорожные знаки). Это позволит существенно сократить время обучения, размер классификатора и время его работы.

Список литературы

1. Фахми Ш. С.; Алексеев Я. В., Костикова Е. В. Интеллектуальные транспортные видеосистемы на основе технологии «система на кристалле» // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2015, вып. 6, С. 130–134.
2. Shneier, M. Road sign detection and recognition // Proc. IEEE Computer Society Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005 – P. 215–222.
3. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/133826/> (дата обращения: 25.02.2018).
4. Алгоритм AdaBoost [Электронный ресурс]. URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=AdaBoost> (дата обращения: 22.02.2018).

ОБНАРУЖЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ

С.М. Зайдулин¹, К.М. Зайдулин¹, Я. ХАСАН¹, Ш.С. ФАХМИ^{1,2,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Институт проблем транспорта РАН им. Н.С. Соломенко
ЗАО «НИИ телевидения»

Аннотация. Рассмотрена задача обнаружения автотранспорта и его последующая классификация на три класса: легковой, полугрузовой и грузовой. Рассмотрен подход, основанный на сочетании алгоритмов обнаружения Виолы-Джонса, методов распознавания и классификации Eigenface и Fisherface. Описаны особенности формирования базы для обучения обоих классификаторов и получены результаты тестирования предложенного метода при обнаружении и классификации транспортных средств.

Ключевые слова: обнаружение, классификация, распознавание транспортных средств, Eigenface, Fisherface

Введение

Проблема анализа видеоинформации и отделения (выделения) объектов от фона в естественной или искусственной обстановке и последующего распознавания всегда находилась в ряду самых приоритетных задач для исследователей, работающих в области систем технического зрения и искусственного интеллекта [1]. Однако исследования, проводимые в последнее время, не привели к созданию эффективных систем анализа видеоинформации, способных обнаруживать и распознавать объекты в любых условиях в реальном времени [2].

В данной работе предложен подход к решению задачи обнаружения, основанный на сочетании алгоритма обнаружения Виолы-Джонса [3] с применением признаков Хаара для локализации транспортных средств (ТС) на изображении и алгоритмов распознавания, на основе известных подходов Eigenface [4] и Fisherface [5] при решении задачи классификации транспортных средств.

Целью работы является использование преимущества указанных выше алгоритмов для решения задачи обнаружения ТС и классификации их в реальном времени по трём классам: легковые, полугрузовые и грузовые машины.

Постановка задачи

Различные системы видеонаблюдения применяются в задачах мониторинга дорожно-транспортных систем, при анализе дорожно-транспортных происшествий, в автономном автотранспорте, а также во многих других сферах. Их использование позволяет анализировать состояние автомагистралей, степень загруженности участка дорог, получать необходимую информацию на автостоянках и автомойках. Подсчитав количество грузовых автомобилей на определенной полосе, можно сделать выводы о её загруженности. Таким образом, задача обнаружения и классификации автомобилей в настоящее время является актуальной.

На основе проведенного анализа указанных выше алгоритмов обнаружения и классификации, для достижения цели, были поставлены следующие задачи:

- 1) на статическом кадре или в видеопотоке найти все фронтальные изображения автотранспорта;
- 2) классифицировать каждый найденный объект на 3 класса: легковой, полугрузовой, грузовой.

Описание предложенного метода обнаружения и классификации ТС

Рассмотренный в данной работе алгоритм обнаружения является алгоритмом обучения с учителем, поэтому для получения рабочего классификатора необходима качественная обучающая выборка для успешного решения вопроса машинного обучения. Тренировочная база была собрана с использованием интернет-источников и созданных вручную фотографий различных типов ТС. Следовательно, исследование и выбор соответствующих моделей ТС позволили получить 249 грузовых, 113 полугрузовых и 380 легковых автомобилей (рис. 1). Затем для всех изображений была произведена нормализация, суть которой заключается в следующем:

- 1) изображение должно быть квадратным и полностью охватывать искомый объект минимально возможной рамкой;
- 2) область передних фар и колес автомобиля каждого изображения должны находиться в одинаковой позиции;
- 3) поворот объекта не должен превышать 30 градусов.



Рис. 1. Пример обучающей базы

Часто на практике задача машинного обучения сводится к правильному формированию нужной выборки, при этом работа алгоритма и тестирование программы обучения выполняется над соответствующей тестовой выборки. Такая тестовая выборка должна отличаться от тренировочной базы. Тем не менее, для задач обнаружения ТС было решено использовать ту же выборку, на которой происходило обучение. В результате уменьшился общий размер каскада и количества ошибок “false true detection”, и, следовательно, повысить скорость обнаружения и распознавания ТС в целом.

Важно отметить, рассмотренные классы ТС, в общем случае, имеют разную форму и положение ключевых признаков. Поэтому было решено обучать для каждого класса свой собственный классификатор. Таким образом были получены три классификатора для трёх классов ТС соответственно:

1) Для класса легковых ТС: 18 уровней, 430 признаков, FPR: 0.001, TPR: 0.99, где FPR (False Positive Rate)- величина ложноположительных результатов, а TPR (True Positive Rate)- величина истинно-положительных результатов.

2) Для класса полугрузовых ТС: 15 уровней, 368 признаков, FPR: 0.001, TPR: 0.995.

3) Для класса грузовых ТС: 13 уровней, 352 признака, FPR: 0.001, TPR: 0.995.

Обнаруженную область неизвестного ТС необходимо классифицировать. Подготовка классификатора заключается в добавлении нескольких изображений для каждого класса в тренировочную базу. При классификации неизвестного изображения необходимо сравнивать его проекции на полученное пространство базисных векторов с проекциями элементов базы и, после этого выбирается наиболее близкий объект.

Многократное проведение эксперимента по анализу различных изображений ТС показало, что лучшие результаты можно получить, если фиксировать результат классификации не только по оценке сходства с объектом базы, но и по оценке сходства с другими объектами базы.

Результаты моделирования

Отличительной чертой предложенного метода обучения является то, что по первым уровням каскада можно определить признаки, которые характеризуют определенный класс ТС. Так по результатам обучения классификатора обнаружения было выявлено, что у легковых ТС самыми важными признаками являются светлая область передних фар и нижняя темная часть обрабатываемого изображения. У полугрузовых и грузовых ТС такими признаками являются верхняя темная и нижняя светлая части ТС, так как чаще всего сверху объекта находится большое темное стекло, а снизу - включенные фары.

Для тестирования работы алгоритма обнаружения подготовлено 40 изображений, содержащих различные ТС. Задача классификатора найти на изображении только объекты соответствующего класса. Например, первый классификатор должен найти только легковые автомобили. При этом имеются ситуации пересечения, т.е. одно и то же ТС вызывают отклик двух классификаторов.

Проведенные исследования и полученные результаты на кафедре САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и в БЦСП АО «НИИТ» показали (таблица 1), что классификаторы имеют довольно много пересечений, что делает недостаточным обнаружение ТС для распознавания, а для достоверного распознавания необходимо объединить две выборки на этапе обучения и при одном общем каскаде.

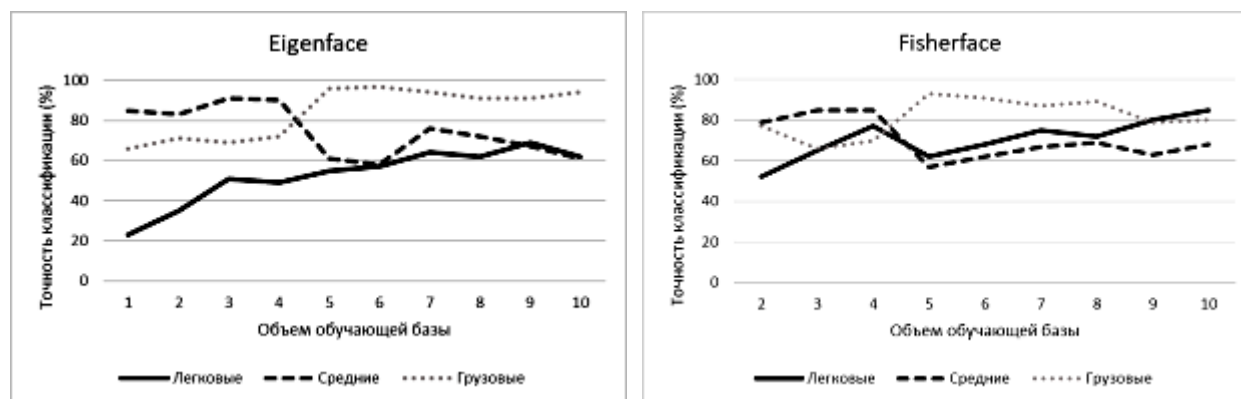
Таблица 1

Классификатор	Точность обнаружения	Ошибки обнаружения			
		1 (54 об.)	2 (14 об.)	3 (18 об.)	Другой
1 - Легковые	89%	-	9	3	8
2 - Полугрузовые	85%	38	-	5	6
3 - Грузовые	88%	12	7	-	11

Также следует отметить, что классификаторы 1 и 2 (таблица 1) имеют существенное количество пересечений. Это значит, что легковые и полугрузовые ТС довольно похожи, что затрудняет процесс классификации.

Чтобы уменьшить число пересечений в методе обнаружения можно в отрицательную выборку каждого классификатора поместить объекты других классов. Например, в отрицательную выборку классификатора ТС поместить грузовые машины, что позволит классификатору отбирать признаки, характерные только для одного класса и не характерные для другого.

Тестирование методов Eigenface и Fisherface выполнено последовательно путём добавления различных изображений в обучающую базу, что приводит к перестроению классификатора. В конечном итоге выполняется распознавание заданного набора изображений ТС, состоящего из 300 изображений по 100 изображений на каждый класс. Результаты классификации обоих методов показаны на рисунке 2.



а) Метод Eigenface

б) Метод Fisherface

Рис. 2. Результаты работы методов классификации

Заключение

В результате тестирования можно сделать следующие выводы:

1) Предложенный комбинированный метод обнаружения показывает хорошие результаты при поиске автотранспорта на изображении. При этом устранение ошибочных обнаружений можно в дальнейшем установкой более жестких параметров и признаков, характеризующих требуемого объекта.

2) Из графиков видно, что методы Eigenface и Fisherface работают нестабильно из-за не подходящей обучаемой и тестовой выборок.

3) Классификаторы Eigenface и Fisherface обучаются быстро по сравнению с нейронными сетями, следовательно, их можно эффективно распознавания ТС в реальном времени.

4) Разработано приложение, позволяющее обнаруживать и распознавать автотранспорт как на статичном изображении, так и в видеопотоке.

Список литературы

1. Фахми Ш. С. Метод распознавания лиц на основе пространственно-рекурсивных триангуляционных сеток / Фахми Ш. С., Бобровский А. И., Еид М.М., Альмахрук М., Салем А., Березин В.В. // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2016, вып. 3, с. 86–91.
2. Фахми Ш. С. Транспортные видеосистемы на кристалле: алгоритмы и технологии распознавания/ Ш.С. Фахми, М.М. Еид, Е.В.Костикова, М. М. Альмахрук// Материалы международной научно-технической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017». – СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 14 – 15 ноябрь, 2017. - С. 366- 374.
3. Yi-Qing Wang, An Analysis of the Viola-Jones Face Detection Algorithm, Image Processing On Line, 4 (2014), pp. 128–148.
4. Anurag Dea, Ashim Sahaa, Dr. M.C Palb, A Human Facial Expression Recognition Model based on Eigen Face Approach, Procedia Computer Science 45 (2015) 282 – 289.
5. Raman Kumar, Satnam Singh, Performance Comparison of Eigen-faces vs. Fisherfaces for Face Recognition, International Journal of Computer & Organization Trends –Volume 3 Issue 8 – sep 2013.

СЕГМЕНТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ БАЗЫ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВС-АНАЛИЗА

М.Е. ИБРАГИМОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Очень часто возникает необходимость разделения объектов в заданной области по некоторому принципу на отдельные группы. В данной статье рассматривается проблема сегментации данных о клиентах по интенсивности пользования ими услугами компании. Подчеркивается, что параметр сегментации «интенсивности пользования услугами» недостаточно точно описан в литературе, но широко используется в различных компаниях для оценки их деятельности. В статье предложен метод сегментации данных о клиентах компании, основанный на денежном обороте клиентов и на особенностях взаимоотношений с компанией. В основе метода лежит АВС-анализ по принципу Парето. Предложенный вариант сегментации объектов может быть использован компаниями также с применением других параметров для успешного внедрения в отделы маркетинга и исследования рынка клиентов.

Ключевые слова: сегментация, маркетинг, АВС-анализ, метод Парето

1. Введение

Одним из наиболее важных инструментов маркетинговых исследований является сегментация рынка. В условиях экономического развития и повышения конкурентности рынка эффективность сегментирования возрастает, так как позволяет привлечь значительную долю выбранного сегмента при ограниченных финансовых ресурсах. Помимо привлечения новых клиентов сегментация позволяет принимать решение по программе лояльности имеющихся клиентов и производить исследование рынка клиентов.

Принято разделять сегментирование на ряду принципов: географическому, демографическому, психографическому, поведенческому [1]. Так, сегментация по поведенческому признаку, а именно по интенсивности потребления, по мнению автора [1] заключается в разделении покупателей на группы в зависимости от активности

использования товара. Многие продавцы считают поведенческие переменные оптимальной основой сегментации [1].

Несмотря на высокий интерес к сегментации и необходимость её внедрения существует проблема, раскрываемая автором статьи [2]. Он указывает на нехватку практических примеров в научных исследованиях в сфере сегментации рынка.

Хотя авторы [3] отмечают, что ключ к успешной сегментации – разработка ряда простых и понятных стадий, в их труде полностью отсутствуют практические примеры.

Если же примеры сегментации, основанные на реальных данных и маркетинговых исследованиях, встречаются в литературе, они строятся на других принципах, например, демографическом [4]. Критерий интенсивности пользования услугами обладает количественным измерением, прост в расчетах и надежен для поиска целевого сегмента компании.

Данная статья посвящена описанию термина «сегментация по интенсивности пользования услугами» и решению задачи разработки методики сегментации клиентов компании на основании оборота за определенный период.

2. Постановка задачи

В сегментации участвуют контрагенты, сотрудничающие с компанией за последние 12 месяцев на момент расчета сегментации. Контрагенты, не пользующиеся услугами компании в течение последних 12 месяцев, исключаются из сегментации с категорией D до первого факта сотрудничества.

В процессе сегментации конкретного контрагента, рассматриваются все накладные, в которых участвовал данный контрагент в любой роли с датой выдачи, входящей в рассматриваемый период.

Необходимо провести федеральную и региональную сегментацию клиентов за 1 и 12 месяцев в зависимости от их денежного оборота и с учетом специфики используемых услуг (определение основной роли контрагента).

3. Принципы сегментации данных о клиентах в базе данных

Клиенту одновременно назначается два сегмента - региональный и федеральный.

- 1) Региональная сегментация проводится для каждого города и каждой роли контрагента отдельно
- 2) Федеральная сегментация проводится для всей страны для каждой роли отдельно

В сегментации используется двухуровневое назначение категории:

- 1) ABC – основной сегмент, назначаемый по накопленной выручке клиента за 1 месяц
- 2) abc – сегмент, назначаемый по накопленной выручке клиента за 1 год

Сегментация клиентской базы проходит в 2 этапа:

- 1) Расчет граничных значений для сегментов (ежегодно)
- 2) Назначение категорий контрагентам (ежемесячно)

Подобное разделение по сегментам наглядно отображает историю отношений контрагента с компанией. Разрез сегментации по ролям позволяет учесть специфику отношений контрагентов разных ролей с компанией. Плавающий интервал позволяет учесть сезонность контрагентов и историю поведения контрагента в течение года в целом. Переход из одного сегмента в другой показывает падающие или растущие обороты клиента. Обозначение сегмента можно использовать при исследовании стабильности контрагента. Изучение истории изменения категории позволит менеджерам более тщательно подходить к работе с контрагентами.

Расчёт границ сегментов, а также назначение категории контрагентов производится на основании 2 показателей:

- 1) Накопленная выручка за 1 год
- 2) Выручка контрагента за 1 месяц для города (региональная сегментация) и для всей страны (федеральная сегментация)

Накопленная выручка за отчётный период — сумма выручек по всем уникальным накладным, в которых участвовал контрагент в любой роли за отчетный период.

Основная роль контрагента в накладной определяется из фактической роли контрагента в накладной (отправитель, получатель).

- Если контрагент участвовал в накладной только в роли Отправитель, то основная роль контрагента в накладной - **Отправитель**.
- Если контрагент участвовал в накладной только в роли Получатель, то основная роль контрагента в накладной - **Получатель**.
- Если контрагент участвовал в накладной и в роли Отправитель, и в роли Получатель, то основная роль контрагента в накладной - **Отправитель-получатель**.

Роль контрагента за отчетный период

Роль контрагента в отчётном месяце определяется по соотношению количества основных ролей, в которых контрагент участвовал в накладных за прошедшие 12 месяцев, включая отчётный.

- Если контрагент не участвовал в перевозках (нет ни одной накладной), то его роль – «Не пользователь услуг»
- Если контрагент не участвовал в перевозках (нет ни одной накладной) за последние 12 месяцев, то его роль не определяется, ему назначается категория D, и он не участвует в сегментации.
- Если в большинстве накладных, в которых участвовал контрагент, его роль «Отправитель», то роль контрагента - «Отправитель»
- Если в большинстве накладных, в которых участвовал контрагент, его роль «Получатель», то роль контрагента - «Получатель»
- Во всех остальных случаях роль контрагента - «Отправитель-получатель».

Границы сегментов

Определение границ сегментов производится по накопленной выручке для каждой роли в разрезе города для региональной сегментации и в разрезе страны для федеральной. В определении участвуют накопленные выручки контрагентов данного города (или страны), участвующих в соответствующей роли за отчетный период.

Расчет пороговых значений сегментов производится один раз в год в начале финансового года с использованием метода abc-анализа.

4. Суть ABC-анализа

В основе ABC-анализа лежит метод Парето, который в наиболее общем виде формулируется как: *«20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий — лишь 20% результата»*. Применимо к сегментации клиентской базы можно сформулировать правило так: *«20% клиентов обеспечивают 80% прибыли компании, а остальные 80% клиентов — 20% прибыли»*.

1. Отсортировать массив данных по убыванию значений
2. Найти общую сумму
3. Для каждого элемента массива определить долю от общего итога

4. Рассчитать накопленные доли
 - а. Для первого элемента накопленная доля равна доле от общего итога
 - б. Для последующих элементов накопленная доля рассчитывается как сумма соответствующей доли от общего итога и накопленной доли предыдущего элемента
5. Распределить группы для элементов
 - а. В группу А попадают позиции, чья накопленная доля находится до 80%
 - б. В группу В попадают позиции, чья накопленная доля находится от 80% до 95%
 - с. В группу С попадают оставшиеся позиции

5. Описание метода сегментации на основе ABC-анализа

5.1 Определение границ сегментов по накопленной выручке за 1 месяц

1. Для всех КА получить список всех накладных, в которых он участвовал за последний год
2. Для каждой накладной каждого КА определить его основную роль в накладной
3. Определить роль КА за каждый месяц последнего года
4. Определить накопленную выручку за каждый месяц последнего года для всех КА
Произвести п 5,6 отдельно для каждого города при региональной сегментации и для всех данных по стране при федеральной сегментации
5. Получившиеся выручки определить по массивам данных с учетом ролей КА
6. Для каждой роли рассчитать границы сегментов по методу ABC-анализа

5.2. Определение границ сегментов по накопленной выручке за 1 год

1. Для всех КА получить список всех накладных, в которых он участвовал за последние два года
2. Для каждой накладной каждого КА определить его основную роль в накладной
3. Определить роль КА за последний год для каждого месяца последнего года (то есть в январе 2017 года нужно учитывать накладные с января 2016 года по январь 2017, в феврале 2017 года учитывать все накладные с февраля 2016 года по февраль 2016 года и тд)
4. Определить накопленную выручку за последний год для каждого месяца последнего года для всех КА
Произвести п 5,6 отдельно для каждого города при региональной сегментации и для всех данных по стране при федеральной сегментации
5. Получившиеся выручки определить по массивам данных с учетом ролей КА
6. Для каждой роли рассчитать границы сегментов по методу ABC-анализа

5.3. Назначение сегмента контрагенту

1. Для всех КА получить список всех накладных, в которых он участвовал за отчетный период
2. Для каждой накладной каждого КА определить его основную роль в накладной
3. Определить роль КА за отчетный период
4. Определить накопленную выручку за отчетный период
5. Назначить контрагенту категорию, исходя из рассчитанных границ сегментов за прошлый год

Изложенный метод состоит из четких инструкций, которые помогут четко и однозначно разделить объекты базы данных на категории по параметру «интенсивности пользования услугами»

Заключение

Метод, представленный в статье и основанный на ABC-анализе с применением метода Парето, позволяет быстро и ясно разделить объекты на группы. Метод не является сложным по трудоемкости и применению специфических математических операций и поэтому может быть легко реализован не на классических языках программирования, а на языках с ограниченным набором математических функций, например, SQL.

Тестирование предложенного в статье метода показало, что для индивидуального подхода и принятия решений по программе лояльности в совокупности с сегментированием клиентов можно и нужно применять ряд параметров, характеризующих особенности клиентов. Применение описанного метода сегментации объектов позволит достичь эффективных результатов при минимальном финансовом вложении, а также определить вектор развития компании.

Список литературы

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс. -Спб.:2006. С.237-238
2. Карасев А.П. Проблемы сегментирования потребителей по объему потребления на примере ярославского рынка фаст-фуда // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/227EVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/227EVN515
3. Дибб С., Симкин Л. Практическое руководство по сегментированию рынка. – СПб: Питер, 2002. – 3 с.: ил
4. Маркетинговые исследования потребительского рынка / В. Анурий, И. Муромкина, Е. Евтушенко. – СПб.: Питер, 2004. – 270 с.: ил. – (Серия «Учебное пособие»).

РАЗРАБОТКА ПОТОКОБЕЗОПАСНЫХ ПРЕФИКСНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ МНОГОЯДЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

И. В. КАНОВСКИЙ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

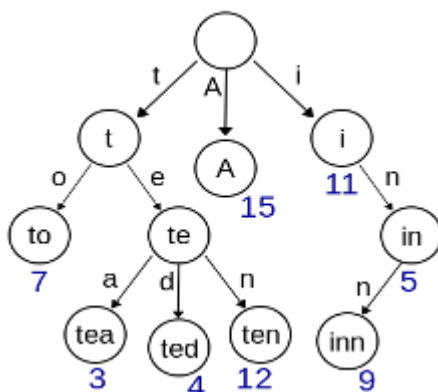
Аннотация. Префиксное дерево (trie, prefix tree, digital tree, radix tree) – структура данных для реализации словаря (ассоциативного массива), ключами в котором являются строки. Оно имеет множество областей применения, например: предиктивный ввод текста (predictive text) – поиск возможных завершений слов, автозавершение (autocomplete) в текстовых редакторах и IDE, проверка правописания (spell-check), автоматическая расстановка переносов слов (hyphenation), Squid Caching Proxy Server. А потокобезопасная распараллеленная версия алгоритмов работы с этим типом структур данных отлично подойдет для многоядерных вычислительных систем.

Ключевые слова: структура данных, префиксное дерево, потокобезопасные структуры

Многоядерные вычислительные системы (ВС) с общей памятью в настоящее время используются для решения различных сложных задач. В связи с ростом количества процессорных ядер остро стоит проблема обеспечения масштабируемого доступа параллельных потоков к разделяемым структурам данных. Поэтому нужно обеспечивать структуры данных потокобезопасностью. Моя работа посвящена префиксным деревьям.

Префиксное дерево представляет собой корневое дерево, каждое ребро которого помечено каким-то символом так, что для любого узла все ребра, соединяющие этот узел с

сыновьями, помечены разными символами. Некоторые узлы префиксного дерева выделены (на рис.1 выделенные узлы подписаны цифрами): префиксное дерево содержит данную строку-ключ тогда и только тогда, когда эту строку можно прочитать на пути из корня до какого-то выделенного узла (заметим, что такой узел единственный). В некоторых приложениях удобно считать все узлы выделенными. Таким образом, в отличие от бинарных деревьев поиска, ключ, идентифицирующий конкретный узел дерева, не хранится в данном узле, а определяется положением данного узла в дереве. Значение ключа можно получить соединением символов, написанных на рёбрах на пути от корня до данного узла. Корень дерева связан с пустой строкой. Часто выделенные узлы хранят какую-то дополнительную информацию, связанную с ключом, и обычно выделенными являются только листья и, возможно, некоторые внутренние узлы.



Р и с . 1

Традиционные структуры данных: массивы, списки, деревья и другие, не приспособлены для работы в многопоточной системе. И префиксное дерево – не исключение. Синхронизация доступа к данным структуры необходима, так как разные потоки могут одновременно обращаться к одной и той же структуре и соответственно изменять либо читать данные из неё. Чтобы сделать префиксные деревья потокобезопасными, я использую PThread Mutex. Мьютекс (англ. mutex, от mutual exclusion — «взаимное исключение») — аналог одноместного семафора, служащий в программировании для синхронизации одновременно выполняющихся потоков. Мьютекс отличается от семафора тем, что только владеющий им поток может его освободить, т.е. перевести в отмеченное состояние. Мьютексы — это один из вариантов семафорных механизмов для организации взаимного исключения. У технологии PThread Mutex есть ряд достоинств:

1) Мьютексам можно присваивать имена, и их могут совместно использовать потоки, принадлежащие разным процессам.

2) К мьютексам применима функция WaitForMultipleObjects, что не только удобно с точки зрения программирования, но и позволяет избежать взаимоблокировки потоков при надлежащей организации программы.

3) Поток, создающий мьютекс, может сразу же указать, что он становится его владельцем. Это позволяет избежать состязания между потоками за право владения объектом.

Суть моей работы заключается в том, чтобы реализовать префиксные деревья, а также функции работы с ними на языке C++ и сделать их потокобезопасными, используя мьютексы.

АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ БАНКОВСКИХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю.В. КАТЕНКО

ООО «БалтИнфоКом»

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки алгоритма оценки аномальности объектов с использованием статистических методов, в том числе кластерного анализа, приводится описание подхода к формированию набора статистических характеристик объектов и определяются критерии аномальности объектов. Также рассматривается использование разработанного алгоритма для выявления аномалий во временных рядах.

Ключевые слова: кластерный анализ, выявление аномалий, скоринг, временной ряд

В наше время задача обнаружения внутреннего мошенничества среди пользователей банковских и телекоммуникационных систем усложняется в связи с увеличением количества обрабатываемой информации. Изучать большие массивы данных вручную сложно и нерационально, поэтому появляется необходимость в удобных инструментах для анализа информации. Большинство из существующих сегодня программных средств для обнаружения аномалий обладает серьезным ограничением: для выявления аномалий нужно иметь множество уже расследованных случаев мошенничества, используемых для создания сценариев, с которыми впоследствии сравнивается поведение объектов.

В статье рассматривается процесс разработки алгоритма выявления аномалий в поведении объектов, основанного на кластерном анализе, применение которого избавляет от необходимости предварительного создания поведенческих сценариев. В процессе создания алгоритма необходимо изучить имеющиеся данные, сформировать набор статистических характеристик объектов и определить критерии аномальности объектов.

Формирование набора статистических характеристик объектов

Для анализа были предоставлены журналы, содержащие сведения об операциях над картами и профилями клиентов и о транзакциях по картам. Основная задача разрабатываемого алгоритма заключается в извлечении из выборки объектов (операторов банка), наиболее отличных ото всех остальных.

Для оценки аномальности объектов было решено использовать кластерный анализ – совокупность методов решения задачи разбиения анализируемой совокупности точек на сравнительно небольшое число (заранее известное или нет) кластеров таким образом, чтобы объекты, принадлежащие одному кластеру, находились бы на сравнительно небольших расстояниях друг от друга. [1]

На начальном этапе не имеется сведений о действительно аномальных объектах, поэтому кластерный анализ, относящийся к алгоритмам обучения без учителя, подходит для решения поставленной задачи. Как правило, в результате кластеризации объекты объединяются в группы разного размера. В нашем случае интерес представляют кластеры, состоящие из одного объекта – этот объект может считаться аномальным.

В общем случае алгоритмы кластерного анализа включают в себя следующие шаги:

1. Формирование набора статистических характеристик объектов.
2. Вычисление и нормализация значений характеристик.
3. Вычисление значений меры сходства между объектами.
4. Применение метода кластерного анализа для создания кластеров.
5. Представление результатов анализа. [2]

Для определения набора характеристик объектов был использован подход, в соответствии с которым изначально формируется тестовый набор характеристик исследуемых объектов, они подаются на вход алгоритма кластеризации, после чего результат кластерного анализа оценивается экспертом и производится модификация характеристик. Данная последовательность действий повторяется до тех пор, пока не будет получен оптимальный набор характеристик.

На первом этапе были выбраны достаточно простые характеристики объектов, например, количество клиентов и средняя сумма транзакций клиентов оператора.

В качестве расстояний – мер сходства между объектами, как правило, применяется евклидова метрика, но, поскольку в данном случае главной целью является выявление аномалий, было решено использовать квадрат евклидова расстояния (формула 1), чтобы выделить объекты с наиболее высокими значениями характеристик. [2]

$$\rho(x, x') = \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2 \quad (1)$$

Для кластеризации был выбран метод выделения связанных компонент, в соответствии с которым выборка представляется в виде графа, где вершинами являются объекты выборки, а ребрами – расстояния $\rho(x, x')$ между ними. На вход алгоритма подается пороговое значение R и из графа удаляются все ребра, для которых $\rho(x, x') > R$. При использовании правильно подобранного порогового значения граф разделится на несколько компонент связности, каждая из которых будет отдельным кластером. Изменяя значение R , можно регулировать количество кластеров и аномалий. [3]

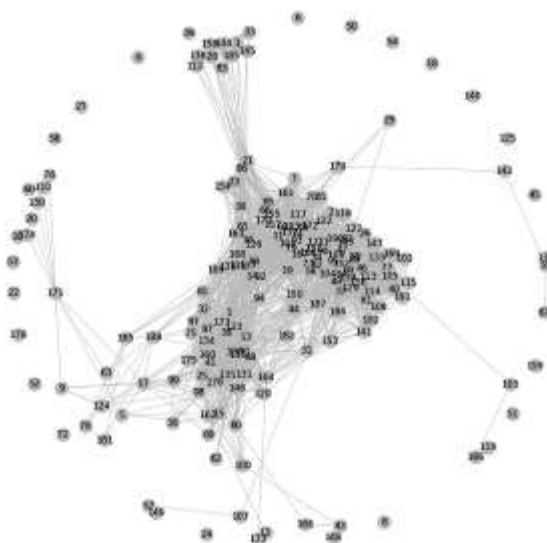


Рис. 1. Граф, полученный в результате применения алгоритма выделения связанных компонент

На рис. 1 показан граф, полученный в результате использования алгоритма выделения связанных компонент. Большая часть объектов принадлежит к одному кластеру, однако некоторые из них не связаны с другими, они помечаются как аномальные. На следующем этапе необходимо вручную изучить их поведение с целью обнаружения в нем некоторых особенностей или закономерностей, которые помогут расширить и улучшить вектор статистических характеристик исследуемых объектов.

Определение критериев аномальности и формирование алгоритма оценки аномальности объектов

Помимо основного критерия – результатов кластерного анализа объектов – было решено вычислять количество характеристик объекта, превышающих некоторое граничное значение B_i . Применение данного критерия позволяет выявить объекты, которые могут не быть аномальными в результате кластеризации, но при этом иметь большое количество относительно высоких значений характеристик.

Значения характеристик оператора могут соответствовать норме, но при этом он все равно может оказаться мошенником, если факт его мошенничества с одним клиентом будет не замечен по причине нормального поведения с остальными. Чтобы избежать такой ситуации, следует рассматривать поведение операторов по отношению к конкретным клиентам и выявлять аномальные пары. Таким образом, появляется два дополнительных критерия оценки аномальности объектов: подсчет количества аномальных характеристик пар оператор-клиент и результат кластеризации пар оператор-клиент.

На рис. 2 показана схема модели оценки аномальности объектов.

На первом этапе вычисляются статистические характеристики операторов и пар оператор-клиент. Далее вычисляются значения по четырем критериям:

1. K_1 — результат кластерного анализа операторов.
2. K_2 — подсчет аномальных значений статистических характеристик операторов.
3. K_3 — результат кластерного анализа пар оператор-клиент.
4. K_4 — подсчет аномальных пар оператор-клиент.

Заключительным шагом алгоритма является вычисление оценки аномальности в соответствии с формулой 2.

$$S = \sum_{i=1}^4 K_i w_i \quad (2)$$

где S — оценка аномальности объекта, K_i — значение i -го критерия аномальности объекта, w_i — значение весового коэффициента по i -му критерию аномальности.

Результатом работы алгоритма является список операторов, упорядоченный в соответствии с их рейтингом. Объекты, имеющие наиболее высокие значения оценки аномальности обладают максимальным рейтингом.



Рис. 2. Модель алгоритма оценки аномальности объектов

Выявление аномалий во временных рядах

Оценка уровней аномальности объектов на основании данных, собранных за весь период наблюдения, может оказаться неэффективной. Во-первых, мошеннические действия объекта могут быть не замечены из-за большого количества правомерных операций, а во-вторых, подобный подход не позволяет установить, когда именно было совершено мошенничество, что затрудняет проведение расследований. Более правильным подходом является анализ временных рядов — собранных в разные моменты времени статистических материалов о значении каких-либо параметров исследуемых процессов. [4]

Таким образом, в данном случае следует рассчитывать характеристики объектов для различных отрезков времени, затем вычислять рейтинг операторов для каждого периода и изучать изменение значений рейтинга во времени. Такой подход позволяет обнаруживать аномалии в поведении объектов с большей вероятностью, а также локализовать момент совершения правонарушений.

Подводя итог, необходимо отметить, что в результате работы получен алгоритм оценки аномальности исследуемых объектов, применение четырех критериев аномальности делает результат более точным. На основании алгоритма разработано программное средство, позволяющее вычислять оценки аномальности операторов для различных временных промежутков. Результаты вычисления представляются в виде подробной таблицы для каждого интервала, а также в виде сводной таблицы (рис. 3). Для каждого оператора строится досье, включающее его наиболее аномальные характеристики.

Оператор	2014.01.0...	2014.02.0...	2014.03.0...	2014.04.0...	2014.05.0...	2014.06.0...	2014.07.0...
operator_1	90	102	94	143	26	150	103
operator_10	90	135	12	9	2	12	3
operator_100	73	17	94	42	33	49	12
operator_101	21	63	94	73	111	150	103
operator_102	90	102	15	98	22	72	127
operator_103	90	135	33	32	78	94	31
operator_104	62	135	94	73	111	120	84
operator_105	73	71	129	30	111	120	103
operator_106	90	63	94	120	61	49	84
operator_118	116	102	151	28	78	94	49

operator_105 2014.03.01-2014.03.31
 Аномальные статистики: Количество клиентов, по отношению к которым пользователь взаимодействовал не менее, чем с пятью картами (значение 0.545, граница 0.423), Количество действий "Карта выдана третьему лицу" (значение 0.0, граница 0.0)
 Аномальные клиенты: customer_37364 Количество карт, выпущенных оператором, по которым было менее 5 операций (значение 0.4, граница 0.080), Отношение максимального количества операций в день к среднему (значение 0.161, граница 0.076)
 customer_141318 Количество карт клиента, с которыми работал оператор (значение 0.25, граница 0.080), Количество действий из make_card_top (значение 0.109, граница 0.047)

Рис. 3. Сводная таблица с результатами оценки аномальности операторов

Использование полученного инструмента позволяет снизить трудозатраты аналитиков, а также повысить оперативность принятия решений за счет возможности следить за ситуацией в динамике.

Список литературы

1. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика.
2. A.K. Jain, M.N. Murty, P.J. Flynn. Data Clustering: A Review — ACM Computing Surveys, Vol. 31, No. 3, September 1999 — p. 264–323.
3. Воронцов К.В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования [Электронный ресурс], 2007. URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf> (дата обращения: 20.10.2017).
4. Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2002.

ХАРАКТЕРИСТИКА И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ

А. В. КОСТИНА, А. Ю. КУНАЦ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Проведен сравнительный анализ методологий разработки информационных систем

Ключевые слова: разработка программного обеспечения, каскадная модель, итерационная модель, гибкая методология разработки

Разработка программного продукта знает много достойных методологий — иначе говоря, устоявшихся best practices. Выбор зависит от специфики проекта, системы бюджетирования, субъективных предпочтений и даже темперамента руководителя.

Рассмотрим основные методологии:

1. «Waterfall Model» (каскадная модель или «водопад»)

Одна из самых старых, подразумевает последовательное прохождение стадий, каждая из которых должна завершиться полностью до начала следующей.

Когда использовать каскадную методологию?

- Только тогда, когда требования известны, понятны и зафиксированы. Противоречивых требований не имеется.
- Нет проблем с доступностью программистов нужной квалификации.

- В относительно небольших проектах.
2. «Iterative Model» (итеративная или итерационная модель)

При итеративном подходе этапы разработки ПО интегрируются, при этом требования эволюционируют вместе с кодом. Разработка продукта делится во времени на отдельные релизы, которые состоят из спринтов.

- Когда оптимально использовать итеративную модель?
- Требования к конечной системе заранее четко определены и понятны.
- Проект большой или очень большой.
- Основная задача должна быть определена, но детали реализации могут эволюционировать с течением времени.

3. «Agile Model» (гибкая методология разработки)

В последние годы большое распространение получили Гибкие (Agile) методы (Extreme programming, Scrum, Lean Software Development, DSDM, Adaptive Software Development, Crystal Clear, Feature-Driven Development, Pragmatic Programming) разработки программных продуктов. При этом используются принципы итеративной разработки, но с акцентом на человеческий фактор.

Когда использовать Agile?

- Когда потребности пользователей постоянно меняются в динамическом бизнесе.
- Изменения на Agile реализуются за меньшую цену из-за частых инкрементов.
- В отличие от модели водопада, в гибкой модели для старта проекта достаточно лишь небольшого планирования.

В современной практике модели разработки программного обеспечения многовариантны. Нет единственно верной для всех проектов, стартовых условий и моделей оплаты. Даже столь любимая всеми нами Agile не может применяться повсеместно из-за неготовности некоторых заказчиков или невозможности гибкого финансирования. Методологии частично пересекаются в средствах и отчасти похожи друг на друга. Некоторые другие концепции использовались лишь для пропаганды собственных компиляторов и не приносили в практику ничего нового.

Список литературы

1. Agile-манифест разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] / Kent Beck, Mike Bedle // Сайт Ward Cunningham. 2001. URL: <http://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html> (дата обращения: 01.01.2018).
2. Understanding the pros and cons of the Waterfall Model of software development [Электронный ресурс] / Mel-onfire // Информационный портал TechRepublic. 22.09.2006. URL: <https://www.techrepublic.com/article/understanding-the-pros-and-cons-of-the-Waterfall-model-of-software-development/> (дата обращения: 14.01.2018)
3. Ещё раз про семь основных методологий разработки [Электронный ресурс] / Alva Thomas // Информационный портал Хабрахабр. 03.11.2015. URL: <https://habrahabr.ru/company/edison/blog/269789/> (дата обращения: 29.02.2018)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ЕЕ СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

С.В. КРАВЧУК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье идёт речь о новейшей технологии, имеющей название «дополненная реальность», области применения и перспективы развития дополненной реальности, а также ее социальные последствия после массового распространения

Ключевые слова: Дополненная реальность, AR, информационные технологии, augmented reality

В настоящее время одним из самых перспективных направлений IT-разработок является дополненная реальность (augmented reality, AR). Данная технология – это новый способ представления и получения информации.

Дополненная реальность способна сделать восприятие информации человеком намного проще и нагляднее. Требуемые запросы будут автоматически доставляться пользователю.

Дополненная реальность – это, прежде всего, технология, с помощью которой реальные объекты приобретают новые качества и открываются пользователю с другой стороны. Принцип дополненной реальности заключается в наложении виртуальных объектов на существующие объекты в режиме реального времени. Взаимодействие техники с изображением реального мира отличает дополненную реальность от виртуальной.

Задачи. Основной задачей дополненной реальности является расширение возможностей пользователей, т. е. их взаимодействие с окружением, но уже на принципиально новом уровне. С помощью компьютерного устройства на изображение реальной среды накладываются слои с набором объектов, несущих дополнительную информацию. Сейчас технологии позволяют считывать и распознавать изображения окружающей среды при помощи камер, а также дополнять их при помощи несуществующих или фантастических объектов. Можно сказать, что дополненная реальность может рассказать все о необходимом нам объекте в реальном времени. Уже сейчас существуют различные технологии, которые и осуществляют эту задачу. Например: маркеры делают рекламу более привлекательной, системы распознающие движения делают возможным управление интерфейсами при бесконтактном взаимодействии, а также позволяют осуществить виртуальную примерочную, с помощью наложения слоев с дополнительной информацией. Таким образом, нужная информация становится доступной пользователю в режиме реального времени, не требуя усилий для ее поиска в других источниках. Дополненная реальность – это новый метод получения информации и к другим различным данным, но влияние этой технологии, возможно, окажет неизгладимое впечатление на человека, сравнимое с возникновением интернета.

Я хотел бы выделить несколько причин **актуальности дополненной реальности:**

1. Доступность информации в реальном времени.
2. Интерактивность. Благодаря данному свойству дополненной реальности взаимодействие пользователя с объектом позволяет создавать большое

количество различных способов обучения, так как объекты представляются очень реалистично. Например, человек может ре-монтировать двигатель и в настоящий момент получать инструкцию по выполнению работы.

3. «Вау»-эффект. Неординарный способ представления информации, позволяющий привлекать внимание, а также усиливать запоминание. На данный момент это особенно актуально в образовании, так как дети могут воспринимать процесс обучения более увлекательным и наглядным.
4. Реалистичность. Дополненная реальность намного увеличивает эффект воздействия на зрителя по сравнению с виртуальным восприятием.
5. Инновационность. Дополненная реальность воспринимается как нечто новое, выдающееся и современное, что переносит пользователя в мир будущего и учит его в нем.
6. Новые способы применения. Применение дополненной реальности практически безгранично. Ниже приведены несколько примеров.

Области применения. На данный момент существует достаточно большой спектр областей, в которых применяется дополненная реальность, но в первую очередь хочу выделить следующие: медицина, образование, картография и ГИС, проектирование и дизайн.

В медицине эти технологии используются для создания реалистичных тренажеров, которые позволяют врачам тренироваться и проводить различные хирургические операции. При этом интерактивность и реалистичность тренажеров позволяют предотвратить ошибки врачей при проведении настоящих операций.

Очень важную роль дополненная реальность играет в области образования. С помощью данной технологии стало возможным изготавливать абсолютно новые учебные, интерактивные пособия, виртуальные стенды. При помощи этих технологий возможно визуализировать любое понятие, а также просмотреть и исследовать его. Данные технологии поднимают образование на совершенно новый качественный уровень.

Картография. В картографии и гис дополненная реальность стала очень популярна в мобильных устройствах. Такая система позволяет с легкостью ориентироваться на местности при помощи идентификации окружающих объектов.

Одним из самых популярных примеров применения дополненной реальности является так называемое «Исследование города». Человек, находясь в незнакомом квартале или в просто в новом городе может легко воспользоваться AR-приложением. В подобных приложениях есть фильтрация (отсечение ненужной информации) по категории, позволяющей найти именно то, что необходимо в данный момент, например кофейню, ресторан или библиотеку. Главным преимуществом таких программ является отсутствие возможности заблудиться, так как программа автоматически настраивается на положение пользователя, поэтому указания программы всегда верны и понятны. Уже существует несколько подобных программ, например City Lens от Nokia, Wikitude и др. Нужно заметить, что AR-технологии применяются не только в различных навигаторах, но и в других сферах жизни людей. Например, если вы находитесь в современном музее, то можете столкнуться с различными технологическими новшествами, такими как виртуальный экскурсовод или дополнительные виртуальные изображения направлений и стрелок для наиболее удобной навигации.

Перспективы. Дополненная реальность перевернет восприятие окружающего мира, сделает его наиболее интерактивным, придаст некоторое ощущение игры. Если на

данный момент для придания ощущения виртуальности окружающему миру нам необходимо надевать очки, то возможно в будущем микросхемы будут так малы, что они будут встраиваться прямо. Именно поэтому велика роль исследования человеком социальных последствий при развитии технологий AR.

Социальные последствия. Дополненная реальность (AR) — это не просто технология. Это срез пути. Вне зависимости от конкретного устройства, будь то очки или контактные линзы, сама природа такой технологической оперативности очень быстро изменит поведение человека.

Каким будет первый срез? Мы вернём себе руки. Представьте, что вы пьёте кофе с булочкой и ничего не проливаете, потому что проверяете почту на AR-очках.

Второй срез будет ещё более масштабным. Те алгоритмы персонализации, которые уже управляют нашей жизнью сегодня, станут визуальными. Технология распознавания лиц в сочетании с дополненной реальностью сделает так, что фраза «розовые очки» уже не будет метафорой. Вы будете видеть только тот мир и только тех людей, которые вам интересны.

Грядёт культурный конфликт.

Парадигмы процесса. «У используемых нами технологий есть последствия, которые мы не можем предвидеть, — сказал как-то Винт Сёрф, вице-президент и главный интернет-евангелист в Google, также известный как один из изобретателей интернета. — Мы на пороге эпохи, в которой раньше никогда не были. Информационный взрыв имеет место уже давно, но пока у нас не было серьёзных возможностей по его обработке».

Машины обрабатывают информацию быстрее людей. У нас лучше понимание контекста, но современные машины лучше интерпретируют информацию и передают её в большем масштабе и с большей скоростью.

В качестве примера Сёрф приводит вино-водочную индустрию, где начали использовать датчики для наблюдения за растениями в реальном времени. Так можно определить, какие питательные вещества нужны для повышения урожайности винограда и качества плодов.

Сёрф также приводит в пример компанию Glooko, которая предложила переходник между монитором уровня глюкозы в крови и мобильным телефоном. Телефон получает данные от инсулиновой помпы и передаёт в реальном времени информацию о состоянии метаболизма. «Раньше это было невозможно, когда не было таких портативных устройств, — говорит Сёрф. — При подключении таких мобильных устройств к интернету создаётся огромная мощь».

Это примеры не просто ускорения вычислительных мощностей и повышения портативности техники. Это примеры того, каким будет мир дополненной реальности. В некоторых областях большой разницы не будет, по крайней мере для большинства людей. Виноделы просто будут использовать портативные AR-системы для ухода за виноградниками, чтобы освободить руки, а диабетики будут получать визуальные предупреждения перед съеданием чего-то с высоким содержанием глюкозы.

Но представим теперь владельца ресторана, в который зашёл диабетик и заказал вино. В будущем такой ресторатор будет видеть прямо над головой посетителей визуальный маркер, сигнализирующий о той или иной пищевой аллергии. Предлагая диабетiku карту вин, ресторатор сможет заранее исключить позиции с высоким содержанием глюкозы. Это будет элемент кулинарного этикета.

В обозримом будущем мы будем больше думать о подобных новых культурных пагадигмах, чем о собственно технических нюансах.

Культурные проблемы. «Данные, которые продвигаются этими технологиями, и в частности AR, изначально публичны, — отмечает Джулс Полонецки (Jules Polonetsky), директор и сопредседатель совета директоров Future of Privacy Forum, вашингтонской организации, продвигающей ответственные информационные политики. — Как показал недавний скандал с приложением Girls Around Me, людям может не нравиться, когда их информация на Facebook или Foursquare, пусть даже публичная, отображается в других контекстах».

Полонецки приводит это в качестве примера того, что мы начинаем испытывать стресс, когда наши данные отображаются неожиданным для нас способом. Вышеупомянутое приложение Girls Around Me не просто показывает физическое местоположение женщин, но и делает подспудный вывод, что они ищут свидания, хотя это может быть и не так.

В нашем аналоговом мире уже есть много информационных факторов стресса подобного рода. Например, публично доступны данные об ипотеке. И кто помешает мне прижать к стенке соседа на вечеринке и заявить ему: «Я просто *НЕ МОГУ ПОВЕРИТЬ*, что ты столько заплатил за свой дом»?

Конечно, люди в любом случае вынуждены мириться с определённым уровнем публичности, но главная проблема не в этом. Она возникает, когда данные отображаются в визуальном контексте у людей с AR-устройствами, особенно при каких-то ошибках с настройками конфиденциальности. Скажем, в ситуации с ипотекой, что помешает мне избегать того соседа, потому что у меня сложилось предубеждение относительно его финансового положения?

Похожие ситуации скоро будут возникать даже в автомобилях. С января 2011 года доступна технология MyKey от Ford, которая позволяет родителям программировать автомобиль для своих детей-подростков. Например, можно запретить двигаться быстрее определённой скорости или блокировать работу автомагнитолы до пристёгивания всех ремней безопасности.

Первоначально такие функции разрабатывались для безопасности, но нет сомнений, что эта же техническая основа может использоваться и в другом контексте. Например, по словам Полонецки, с помощью такой технологии можно выяснить, подходит или нет некий водитель для перевозки чужих детей при карпуле (поочерёдном использовании автомобилей группой автовладельцев-соседей — прим. пер.). И вроде бы этот вопрос тоже касается безопасности, как в случае подростков-водителей. Если моё AR-приложение показывает, что ты набираешь только 2 балла из 10 по безопасности, то мой ребёнок никогда не сядет в твою машину.

«Мы должны определиться с тем, какие нравственные и социальные границы мы хотим провести, — говорит Полонецки. — Мы просто не знаем, как будет выглядеть следующая корректировка или этическое окружение».

Вектор данных. «Наша работа — находить убедительные способы для вовлечения людей и повышения их благополучия посредством мобильных и веб-приложений», — говорит Крис Карттер (Chris Cartter), основатель и генеральный менеджер MeYou Health (принадлежит Healthways). Эта фирма ставит своей целью помогать людям вести более здоровый образ жизни.

Большинство пользователей MeYou Health регистрируются в службе Daily Challenge с помощью идентификатора Facebook. Это позволяет Карттеру и его команде оценивать успехи пользователей и давать советы о том, как изменить поведение и ещё более эффективно поддерживать друг друга.

«Мы хотим понять, как повысить благополучие целой связной сети — общины, в которой люди делятся друг с другом глубоко личной информацией о здоровье при наличии искреннего окружения и доверия», — объясняет Карттер.

Подобное окружение легко реализуемо при активном использовании дополненной реальности. Человек идёт по улице, а у него над головой показан индикатор здоровья. «Со временем распознавание лиц (через AR) может работать для миллиарда жителей Земли, но я могу решить, чтобы мой индикатор здоровья видело только небольшое количество друзей на Facebook», — добавляет Карттер.

Между тем прецедент Girls Around Me ставит важный вопрос: как надёжно защитить первоначальный смысл любых наших данных? Со временем может появиться визуальная иерархическая классификация, когда люди будут определять, как их смогут рассматривать и воспринимать другие люди через свои AR-приложения, работающие в связке с платформами вроде Google Glass.

Пример такого подхода — AR-приложение CacheTown. Первоначально эта технология предназначалась для того, чтобы ритейлеры могли предлагать свои товары и услуги в виртуальном мире. Однако гендиректор и основатель компании Эндрю Кауч (Andrew Couch) понимает проблемы конфиденциальности, которые это может вызвать в перспективе, и сейчас его компания создаёт так называемую систему защиты от визуальных вирусов. Она позволяет пользователям определять, как они отображаются в дополненном мире.

«Мы исходим из того, что конфиденциальность — это главное поле для злоупотреблений в пространстве дополненной реальности, — говорит Кауч. — Если люди могут улучшить восприятие мира вокруг себя, у них должен быть ответственный склад ума для таких новых отношений».

Кауч также работает над руководством по этике в сфере дополненной реальности, в котором обсуждаются проблемы конфиденциальности.

Словарный запас видения. «Я не пытаюсь продавать технологии только для того, чтобы люди их использовали. Я хочу, чтобы люди тратили меньше времени на черновую работу и больше — на создание чего-то важного в своей жизни», — говорит Кристофер Резендес (Christopher Rezendes), основатель и президент INEX Advisors. Эта компания помогает организациям находить выгоды от внедрения решений из области «интернета вещей» или M2M (от машины к машине).

Хотя Резендес активно занимается такими технологиями, которые ещё называют футуристическими, он подчёркивает, что сетевые технологии существуют уже не один год. Он делает акцент на умных и осмысленных связях при использовании технологий в противоположность бездумному использованию технологий просто ради технологий. «Если мы можем что-то делать, это не значит, что это нужно делать, — говорит он. — Всегда нужно действовать с умом».

Он также отмечает, что по мере того как мир становится всё более связанным, мы по определению должны быть более связанными как общины. Это вовсе не альтруистический и не социалистический взгляд на будущее, это вопрос деловой и функциональной работоспособности.

Говоря об идее беспилотных автомобилей, Резендес отмечает: «Как можно выпускать продукты, которые повредят партнёрам, если вы представляете собой звено в тесно связанной коммерческой цепи? Мы не сможем работать независимо от наших вышестоящих и нижестоящих партнёров по опыту».

А теперь представьте эту физическую цепочку поставок в контексте того, что благополучие, потребности и даже способности каждого человека мы можем визуально наблюдать через какой-то AR-объектив. Как тогда мы будем относиться друг к другу? Как наши положительные и отрицательные качества будут сочетаться для формирования визуализации, мгновенно определяющей, кто мы такие?

По мнению Резендеса, одно из изменений затронет наш словарный запас. «Мне кажется, что через 10 лет мы будем активно работать над тем, чтобы переопределить гражданина и перестать называть его потребителем, — говорит он. — Это старомодный термин, он восходит ко времени, когда главная ценность человека основывалась на накоплении товаров или богатства».

Резендес говорит о гражданине будущего связанного мира, когда наш фокус сможет расширяться и давать больше ценности, в более целостном смысле человеческой цепочки поставок. «Мы будем называть людей творцами», — говорит он.

Кто-то скажет, что мы потеряем способность к случайным интуитивным открытиям, что все эти фильтры и персонализационные алгоритмы сузят наш выбор и мы больше не будем принимать определённые виды решений. Но с AR этот вид тоннельного зрения станет буквальным. Поэтому внедрение дополненной реальности в массовое распространение должно происходить с большой осторожностью. Например, я считаю, что должна сформироваться комиссия по оценке внедрения AR в ту или иную сферу деятельности.

Список литературы

1. Киргизова Е.В., Шакиров И.Ш., Захарова Т.В., Рубцов А.В. «ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ»: ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ИНФОРМАТИКЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21827> (дата обращения: 09.03.2018).
2. AzumaR. A Survey of Augmented Reality [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf> (дата обращения: 09.03.2018)
3. Хейвенс Дж. Социальные последствия дополненной реальности [Электронный ресурс] // ARNext.ru. 2013. URL: <http://arnext.ru/articles/sotsialnye-posledstviya-dopolnennoy-realnosti-2702> (дата обращения: 09.03.2018)
4. Многослойное представление информации (дополненная реальность) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.formulabio.ru/wp-context/uploads/2013/AR.pdf>

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛИЧНОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА

Д.А. Кудин

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данном докладе рассмотрена идея создания информационной системы для анализа личного потребительского спроса, способы получения, организации и анализа информации внутри этой системы.

Ключевые слова: информационные системы, анализ потребительского спроса, QR-код

С 1 июля 2017 года в силу вступил новый порядок применения контрольно-кассовой техники, предусматривающий передачу данных о расчетах между покупателем и магазином розничной торговли в адрес налоговых органов в режиме реального времени. Другими словами - с недавних пор покупатель каких-либо товаров или услуг может получить электронную копию чека своей покупки прямо с сайта Федеральной Налоговой Службы (ФНС).

В связи с этим нововведением появилась идея разработать информационную систему для ведения учета и слежения за динамикой собственных расходов на различные категории товаров и услуг, а также для анализа данных о расходах и выработки рекомендаций по покупке тех или иных товаров для конкретного пользователя.

Идея вести контроль за собственными расходами - не новинка для пользователей, но именно возможность сканировать чеки, а не набирать каждую позицию отдельно в приложении, будет способствовать более активному использованию подобных инструментов.

Общая схема взаимодействия всех элементов информационной системы предполагает следующий сценарий работы:

1. Пользователь сканирует QR-код на чеке
2. Приложение получает электронную копию чека с сайта ФНС
3. Данные о покупке загружаются в базу данных
4. База данных инициирует обновление моделей анализа данных
5. Модели анализа генерируют рекомендации покупателю и сохраняют их в базу данных
6. Пользователь получает аналитику собственных расходов и рекомендации

Возможности приложения, которые могут потенциально помочь пользователю:

- Формирование списка расходов на различные категории товаров;
- Получать наиболее популярные среди пользователей приложения товары в конкретном магазине;
- Получать уведомления о том, что на товар, который приобретал пользователь, появилась скидка;
- Просмотр списка товаров, на которые появилась скидка;
- Просмотр динамики цен на товары;
- Выставление/просмотр рейтингов товаров;
- Получение рекомендаций о товарах, которые могут понравиться пользователю на основе тех, что он уже купил;

Работа информационной системы условно разделена на три этапа: получение данных, хранение данных и анализ данных.

Получение данных

Получение данных о покупках осуществляется путем сканирования QR-кода, расположенного на чеке, который содержит необходимые параметры для запроса к ФНС, такие как время покупки, итоговая сумма покупки, номер фискального накопителя, номер фискального документа(чека) и фискальный признак. Отправив такого вида запрос на адрес <https://proverkacheka.nalog.ru:9999> в ответ получим JSON файл, в котором содержится вся информация о покупке. Обработав полученный файл, можно получить все данные о продавце и товарах, которые приобрел покупатель.

Хранение данных

Хранение данных будет осуществляться в базе данных, созданной на сервере Microsoft SQL Server. Основные таблицы базы данных:

- Потребители (Customers) - пользователи приложения, которые будут совершать покупки;
- Магазины (Shops) - все организации, занимающиеся продажей товаров или/и услуг;
- Продукты (Products) - единица товара или услуги, представленная в конкретном магазине;
- Продукты в составе покупки (ProductItems) - единица товара, представляющая конкретный продукт и входящая в состав конкретной покупки;
- Покупки (Purchases) - таблица, связывающая покупателя, магазин и список продуктов, вошедших в состав покупки;
- Тэги (Tags) - таблица всех тэгов, которые можно применить к продуктам;
- Тэги продуктов (ProductTags) - таблица связи между продуктами и тэгами.

Анализ данных

Анализ данных в данной информационной системе условно разбит на две части: анализ на уровне запросов к таблицам базы данных и интеллектуальный анализ данных, основанный на построении моделей. Первая часть будет реализована на серверной стороне информационной системы, а вторая часть будет реализована на уровне базы данных с применением инструментов сервера анализа данных Microsoft.

Анализ на уровне запросов к таблицам подходит для решения вычислительных задач (подсчет расходов за месяц), для поиска по какому-либо критерию (самый покупаемый товар из категории «молочная продукция» с тэгом «йогурт» с наивысшим рейтингом) и для ведения динамики цен (как изменялась цена на товар в течение заданного промежутка времени).

Интеллектуальный анализ данных устроен сложнее и требует построения моделей анализа. В разрабатываемой информационной системе будет преимущественно использоваться модель поиска ассоциативных правил. Принцип работы этой модели основан на поиске закономерностей вида «Если есть набор элементов А, то можно сделать вывод, что должен появиться набор элементов В». После нахождения таких закономерностей вычисляется их поддержка и достоверность и эти данные записываются в отдельную таблицу, из которой берутся рекомендации для покупателей.

Список литературы

1. Проверяйте кассовые чеки на сайте ФНС [Электронный ресурс] // Сайт Федеральной Налоговой Службы. URL: https://www.nalog.ru/rn48/news/activities_fts/6911598/ (дата обращения: 03.03.2018).
2. Shoppers recommendations data model [Электронный ресурс] // Database Answers. URL: http://databaseanswers.org/data_models/shoppers_recommendations/index.htm (дата обращения: 03.03.18).
3. НОУ ИНТУИТ | Лекция | Методы поиска ассоциативных правил [Электронный ресурс] // Сайт НОУ ИНТУИТ. URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/186?page=1> (дата обращения: 03.03.18).

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА (QMS) В ИТ-КОМПАНИЯХ

А. Ю. КУНАЦ, А. В. КОСТИНА, М. А. СТЕЛЬМАХ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрено применение системы менеджмента качества (QMS) в ИТ-компаниях

Ключевые слова: системы менеджмента качества, QMS, ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISAE 3402, ISO 13485

Благодаря соблюдению правил QMS работа в ИТ-компаниях и, непосредственно, в проектах осуществляется по заранее известным вам правилам. Вы можете легко адаптироваться в новых проектах компании. Документированные процессы, гайдлайны, инструкции позволяют решить рабочие вопросы, используя накопленный опыт других команд. Проектная документация позволяет не держать в голове большой объем информации, а быстро находить все необходимое.

Система менеджмента качества - QMS - это внедренная и поддерживаемая система менеджмента, обеспечивающая контролируемое выполнение любой деятельности, которая может влиять на качество продукта/услуги, поставляемой Заказчику.

В большой компании необходимо поддерживать систему менеджмента качества для предупреждения и своевременного устранения подобных проблем.

QMS регулируется международными стандартами. Они устанавливают требования к безопасности, надежности и качеству продуктов и услуг. Для бизнеса они являются стратегическими инструментами снижения расходов путем минимизации отходов и ошибок, и увеличения производительности. Они помогают компаниям получить доступ к новым рынкам, обеспечивают равные условия для развивающихся стран и способствуют свободной и справедливой международной торговле.

Специалисты компаний при выполнении своей деятельности руководствуются требованиями следующих международных стандартов: ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISAE 3402, ISO 13485.

Рассмотрим суть стандарта ISO 9001. Согласно этому стандарту, любая деятельность может быть представлена как процесс. Процесс - это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы - запланированные результаты.

Процессный подход включает определение процессов организации для функционирования как единая система - система менеджмента качества (QMS).

Capability Maturity Model Integration (CMMI) — набор моделей (методологий) совершенствования процессов в организациях разных размеров и видов деятельности. CMMI содержит набор рекомендаций в виде практик, реализация которых, по мнению разработчиков модели, позволяет реализовать цели, необходимые для полной реализации определенных областей деятельности.

CMMI определяет **5 уровней зрелости** компании. [1]

1 — Начальный. Процессы не определены, разработка ведется хаотично.

2 — Управляемый. Процессы определены и задокументированы для конкретного проекта, поэтому существенно различаются в разных проектах. Существуют процессы на все виды проектов.

3 — Определенный. Во всех проектах процессы следуют заданному корпоративному стандарту, так называемому стандартному процессу организации. Процессы определены на уровне всей организации.

4 — Количественное управление. На этом уровне зрелости измерения и метрики собираются с проектов, накапливаются на организационном уровне и анализируются. На основании результатов анализа менеджеры проектов могут делать прогнозы для своих проектов.

5 — Оптимизирующий. Процессы находятся в состоянии постоянного совершенствования, компания может внедрять существенные инновации в процессы на основе анализа количественных показателей, идентифицировать корневые причины проблем проектов и предотвращать их появление.

В результате проведенного исследования удалось провести обзор системы менеджмента качества, знания полученные при анализе этой системы будут полезны для работников в IT-компаниях. Будет гораздо проще можете решать проектные задачи, возникающие проблемы, планировать свою деятельность. Значительно снижается степень недопонимания и улучшается коммуникация внутри проекта, а также с заказчиком, что значительно повышает удовлетворенность работой.

Список литературы

1. Мифы о CMMI, или кому и зачем она нужна [Электронный ресурс] / Елена Петрова // Сайт Хабрахабр. 30.10.2011. URL: <https://habrahabr.ru/post/131553/> (дата обращения: 04.01.2018).
2. Разработка ПО: стандарты качества [Электронный ресурс] / Пользователь: ITC.UA // Сайт ITC.UA. 08.09.2005. URL: https://itc.ua/articles/razrabotka_po_standarty_kachestva_21715/ (дата обращения: 30.01.2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБЛИЖЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ В СОК

И.Н. ЛАВРИНЕНКО, Е.И. ШУЛЬГА

Северо-Кавказский федеральный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы выполнения немодульных операций в системе остаточных классов (СОК). Предложен новый метод вычисления позиционной характеристики (ПХ) модулярного числа на основе КТО с дробными числами, которая позволяет корректно определить ошибки, вызванные сбоем или отказом вычислительных каналов модулярного нейрокомпьютера. На основе ПХ разработан универсальный алгоритм вычисления основных немодульных процедур.

Ключевые слова: *система остаточных классов, немодульные операции, позиционная характеристика (ПХ) модулярного числа.*

Существующие потребности обработки данных большой размерности обуславливают противоречие в практике, состоящее в том, что с одной стороны существует объективная необходимость в обработке данных большой размерности, с другой стороны, существующие разрядные сетки современных ЭВМ не позволяют представить такие данные. Одним из путей преодоления вышеприведенного противоречия в практике является применение модулярной арифметики.

Преимущества СОК состоят в поразрядном параллельном выполнении модульных арифметических операций сложения, вычитания и умножения, что обеспечивает высокое быстродействие модулярного нейрокомпьютера [1].

Однако кроме модульных операций возникает необходимость выполнения немодульных операций как: определение знака числа, сравнение, деление, определение ошибки и другие, которые сложно выполняются, так как требуют знание расположения числа в числовом диапазоне, т.е. их позиционные характеристики.

Поэтому возникает необходимость разработки методов и алгоритмов вычисления немодульных операций, позволяющих с одной стороны повысить быстродействие, а с другой свести к минимуму аппаратные затраты [2,3].

В настоящее время для вычисления немодульных операций в СОК широко применяются следующие методы определения позиционных характеристик модулярного представления чисел [2]:

- метод ортогональных базисов;
- метод интервальных оценок;
- метод с использованием коэффициентов обобщенной позиционной системы счисления (ОПСС) и другие.

Суть метода ортогональных базисов состоит в переходе к позиционному представлению через модуль всей системы $P = p_1 p_2 \dots p_n$, что разрушает идею модульной арифметики. Недостаток метода ортогональных базисов заключается в том, что приходится иметь дело с большими числами ортогональных базисов и, кроме того, действия сложения и умножения надо выполнять в позиционной системе счисления, а полученный результат необходимо вводить в диапазон вычитанием величины, кратной P , которая определяется рангом числа, определение которого также связано с вычислительной сложностью. Метод интервальных оценок сокращает модуль до величины $\frac{P}{p_i}$ и только метод ОПСС позволяет выполнять преобразования по модулю p_i .

Метод ОПСС является универсальным [5]. К недостаткам этого метода можно отнести его сложность и избыточность позиционной характеристики при вычислении некоторых немодульных процедур.

Во всех этих методах показано, что необходимая информация о величине числа извлекается из представления остатков, что влечет за собой сложность как временную, так и аппаратную.

С целью упрощения процедуры вычисления немодульных процедур в работе [5] предложен новый метод вычисления позиционной характеристики (ПХ) модулярного числа на основе КТО с дробными числами, которая позволяет корректно определить ошибки, вызванные сбоем или отказом вычислительных каналов модулярного нейрокомпьютера. На основе ПХ разработан универсальный алгоритм вычисления основных немодульных процедур [5].

Теоретической основой нового метода вычисления позиционной характеристики числа в СОК является преобразование в позиционную форму, описываемое Китайской Теоремой об Остатках (КТО). Если в СОК с модулями $p_1, p_2, \dots, p_n$ число $0 \leq X \leq P = p_1 p_2 \dots p_n$ имеет вид $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, то восстановление числа X по цифрам в СОК $x_1, x_2, \dots, x_n$ осуществляется по формуле

$$X = \left| \sum_{i=1}^n x_i \left| P_i^{-1} \right|_{p_i} P_i \right|_P, \quad (1)$$

где $P_i = \frac{P}{p_i}$, а $\left| P_i^{-1} \right|_{p_i}$ обозначает мультипликативную инверсию числа P_i^{-1} по модулю p_i .

Если обе части равенства (1) разделить на P и ввести обозначение $k_i = \frac{\left| P_i^{-1} \right|_{p_i} P_i}{P}$, то получим следующее выражение

$$\frac{X}{P} = \left| \sum_{i=1}^n k_i x_i \right|_1, \quad (2)$$

где запись $\left| * \right|_1$ обозначает дробную часть числа.

Очевидно, что величины $\frac{X}{P}, k_1, k_2, \dots, k_n$ представляют собой некоторые дроби (вообще говоря, бесконечные периодические), принадлежащие интервалу $[0, 1)$. Кроме того, величины k_i зависят только от модулей СОК, то есть являются константами СОК. Модель (2) представляет собой новый метод КТО с дробными числами, основанный на вычислении относительных значений модулярных чисел к полному диапазону СОК.

Вычисление позиционной характеристики с использованием нового приближенного метода можно описать такой последовательностью действий:

Вычисление констант СОК k_i с требуемой точностью.

2. Вычисление приближенных значений $x_i k_i$, где k_i – константы найденные в п. 1, $1 \leq x_i \leq p_i - 1$.

3. Вычисление приближенного значения позиционной характеристики $\left| \sum_{i=1}^n k_i x_i \right|_1$ в интервале $[0, 1)$. Конечный результат определяется после суммирования и отбрасывания целой части числа с сохранением дробной части суммы. Тогда позиционная характеристика определяется в виде модели (2).

4. Финальный шаг. Конструируются некоторые правила, согласно которым вычисляется определенная немодульная операция.

4.1. Определение знака числа, в случае, если $p_1 = 2$:

а) если $\frac{A}{P} < \frac{1}{2}$, то число положительное; б) если $\frac{A}{P} > \frac{1}{2}$, то число отрицательное.

4.2. Сравнение модулярных чисел A и B :

а) если $\frac{A}{P} - \frac{B}{P} = 0$, то $A = B$; б) если $\frac{A}{P} - \frac{B}{P} > 0$, то $A > B$; в) если $\frac{A}{P} - \frac{B}{P} < 0$, то $A < B$.

4.3. Обнаружение ошибки и переполнения динамического диапазона:

а) если $\frac{\bar{A}}{P_{изб}} < \frac{M}{P_{изб}}$, тогда ошибки нет, где $\bar{A}$ - искаженное число; $P_{изб} = p_{n+1} p_{n+2} P$ -

избыточный диапазон при двух избыточных модулях p_{n+1} и p_{n+2} ; $M = P = \prod_{i=1}^n p_i$ - рабочий диапазон.

б) Если $\frac{\bar{A}}{P_{изб}} \geq \frac{M}{P_{изб}}$, тогда есть ошибка и установлено переполнение динамического диапазона.

4.4. Локализация ошибочного разряда:

а) если $\frac{\bar{A}_i}{P_i} < \frac{M_i}{P_i}$, то в разряде i нет ошибки; б) если $\frac{\bar{A}_i}{P_i} \geq \frac{M_i}{P_i}$, то в разряде i есть ошибка, где $\bar{A}_i = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{i-1}, \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_n, \alpha_{n+1}, \alpha_{n+2})$ - проекция искаженного числа $\bar{A}$; $M_i = (m_1, m_2, \dots, m_{i-1}, m_{i+1}, \dots, m_n, m_{n+1}, m_{n+2})$ - проекция рабочего диапазона.

4.5. Восстановление позиционного значения числа A . $A \cong P \cdot \left| \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i \right|_1$

Покажем работу алгоритма на примере сравнения двух чисел A и B .

Пример. Пусть задана система оснований $p_1 = 2$, $p_2 = 5$, $p_3 = 7$, $p_4 = 11$. Объем диапазона СОК равен $P = 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 = 770$. При этом величины P_i будут иметь следующие значения $P_1 = \frac{P}{p_1} = 385$, $P_2 = \frac{P}{p_2} = 154$, $P_3 = \frac{P}{p_3} = 110$, $P_4 = \frac{P}{p_4} = 70$.

Для примера возьмем наихудший случай, когда необходимо сравнить два соседних числа. Сравним два числа $A_1 = 23$ и $A_2 = 24$, представленные в СОК по основаниям p_1 , p_2 , p_3 , p_4 . Тогда $A_1 = (1, 3, 2, 1)$, $A_2 = (0, 4, 3, 2)$. Для решения задачи определим константы $K_i = \frac{|P_i^{-1}|}{p_i}$, представленные в виде дробей

$$K_1 = \frac{\left| \frac{1}{385} \right|_2}{2} = \frac{1}{2} = 0,5; \quad K_2 = \frac{\left| \frac{1}{154} \right|_5}{5} = \frac{4}{5} = 0,8; \quad K_3 = \frac{\left| \frac{1}{110} \right|_7}{7} = \frac{3}{7} \approx 0,4286...;$$

$$K_4 = \frac{\left| \frac{1}{70} \right|_{11}}{11} = \frac{3}{11} \approx 0,2727...$$

Используя выражение (2) найдем $\frac{A_1}{P}$ и $\frac{A_2}{P}$. Для этого вычислим приближенные произведения $K_i \alpha_i$ в виде десятичных дробей.

Вычислим $\frac{A_1}{P} \approx |1 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,4286 + 1 \cdot 0,2727|_1 \approx 0,0299$.

Аналогичным образом поступим с числом A_2 :

$$\frac{A_2}{P} \approx |0 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,4286 + 2 \cdot 0,2727|_1 \approx 0,0312$$

Так как $\frac{A_2}{P} > \frac{A_1}{P}$, то есть $0,0299 > 0,0312$, то $A_2 > A_1$.

Проблема синтеза немодульных устройств на основе предложенного приближенного метода побуждает к разработке таких правил, которые бы минимизировали число

операций и вместе с тем могли быть достаточно просто реализованы на современной элементной базе.

В зависимости от типа немодульной операции, применяются либо точные, либо приближенные методы, или их комбинация. При необходимости можно использовать приближенные методы и для точных вычислений. В первую очередь необходимо исследовать возможность использования данного приближенного метода для восстановления остаточного кода.

Приближенный метод оперирует с дробными числами. Хотя вычислительная сложность операций над целыми числами и с числами с фиксированной запятой примерно одинаковая, приближенный метод имеет преимущество перед известными за счет исключения операций в ОПСС.

Список литературы

1. Макоха А.Н., Сахнюк П.А., Червяков Н.И. Дискретная математика: Учебное пособие. – Ф.: Физматлит, 2005. – 368 с.
2. Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Архитектура отказоустойчивой нейронной сети для цифровой обработки сигналов / Нейрокомпьютеры: разработка, применение. №12, 2004. С. 51 – 60.
3. Червяков Н.И. Методы и принципы построения модулярных нейрокомпьютеров. В сборнике 50 лет модулярной арифметике. Юбилейная (V) международная научно – техническая конференция. 2006. С.239-249.
4. Червяков Н.И. Ускоренный алгоритм определения позиционных характеристик и его нейросетевая реализация. Нейрокомпьютеры: разработка применение. – 2001. – №10. – С. 19– 25.
5. Червяков Н.И. Методы, алгоритмы и техническая реализация основных проблемных операций, выполняемых в системе остаточных классов. Инфокоммуникационные технологии. – 2011. – Т.9, №4. – С. 24– 36.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ БЕСПЛАТНАЯ WI-FI СЕТЬ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

О.А. ЛЕНЕЦ, М.Д. МАРКИН, В.Д. ЦВЕТКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье кратко описано устройство всемирной бесплатной Wi-Fi сети на основе технологии блокчейн.

Ключевые слова: блокчейн, World Wi-Fi, WeToken.

Wi-fi на сегодняшний день является наиболее распространенной в мире беспроводной технологией. Это современный стандарт получения и передачи данных от одного устройства к другому. При этом устройства должны быть оснащены радиомодулями. Такие модули Wi-Fi входят в состав многих электронных приборов и техники. Сначала они входили только в комплект планшетов, ноутбуков, смартфонов. Но теперь их можно найти в фотоаппаратах, принтерах, стиральных машинах, и даже мультиварках. Непрерывное использование данной технологии поддерживает ее актуальность, а значит, вызывает интерес у многих разработчиков, которые всячески пытаются ее усовершенствовать.

Наряду с беспроводной сетью Wi-Fi, стремительно набирает популярность система блокчейн. К сожалению, знают об этом далеко не все, хотя она имеет весьма перспективные шансы на развитие и внедрение в повседневную жизнь. Технология блокчейн представляет собой четко структурированную базу данных с определенными

правилами построения цепочек транзакций и доступа к информации, которая исключает кражу данных, мошенничество, нарушение имущественных прав и т. д. Основным принципом функционирования новой технологии является прозрачность совершаемых операций с невозможностью их изменения лицами, не имеющими к ней санкционированного доступа.

Компании Radius WI-Fi и платформа Adrenta проанализировали существующие бизнес-модели и поняли, что, благодаря технологии блокчейн, можно создать глобальную децентрализованную сеть Wi-Fi и сделать ее бесплатной для пользователей за счет рекламы. Также сейчас работает телевидение; разница только в том, что компании достаточно показать короткую и ненавязчивую рекламу при подключении к сети, чтобы проект был коммерчески эффективным.

Сооснователями проекта стали российские предприниматели Ян Сепиашвили и Илья Яшин. Инвестором выступила Mazalt Group, средства были привлечены в ноябре 2017 г.

Участниками проекта World Wi-Fi могут стать владельцы точек доступа в интернет, рекламодатели и обычные пользователи. К сети может подключиться даже владелец обыкновенного домашнего роутера — после этого его роутер начнет раздавать две сети Wi-Fi, одна из которых будет публичной. Пользователи смогут выходить в интернет бесплатно, поскольку раздача Wi-Fi будет оплачиваться владельцу роутера рекламодателями, размещающими рекламу в World Wi-Fi.

В свою очередь, рекламодатели смогут более эффективно таргетировать рекламу, показывая те или иные объявления той группе пользователей, которой они действительно интересны. World Wi-Fi будет фиксировать ход рекламной кампании и предоставлять рекламодателю статистику по целевой аудитории, прорекламированным товарам, конверсии и целевым действиям. Аналитика будет записываться в блокчейн, что исключает возможность фальсификации.

Реклама будет показываться пользователю непосредственно перед выходом в интернет, поэтому рекламодатель может быть уверен, что она действительно просматривается, причем живыми людьми, а не ботами. Рекламодатель сможет сам выбирать аудиторию на основании социально-демографических данных и истории предыдущих кампаний. Таким образом, объявление будет показано только тем пользователям, которые действительно заинтересованы в данном продукте.

World Wi-Fi работает на блокчейн-платформе Ethereum, транзакции фиксируются с помощью смарт-контрактов. Все расчеты на платформе производятся с помощью криптовалюты WeToken (WT) — токена стандарта ERC20. Стоимость одной монеты будет равна 10 показом рекламы в World Wi-Fi, выпуск токенов ограничен. Монеты можно обменять на обычные или другие виртуальные валюты или же оплатить ими размещение рекламы в сети World Wi-Fi.

Продажа монет WeToken начнется 18 марта 2018 г., пресейл осуществляется с 1 декабря 2017 г. В общей сложности на этих двух этапах планируется продать 258 миллионов WT, что обеспечит проекту 25 миллионов долларов. В ходе пресейла покупателям предоставляется бонус до 25% и беспроцентные корневые реферальные ссылки. Продажа WT будет осуществляться по цене \$0,1. По словам авторов проекта, это в 3 раза меньше, чем в среднем стоят на рынке 10 показов рекламы в сетях Wi-Fi [1].

Чтобы сделать вывод об эффективности данного проекта, проанализируем некоторые показатели:

Как показывает статистика, большинство людей чаще используют переносные гаджеты для выхода во всемирную сеть, а значит, появляется необходимость бесплатных точек доступа.



Рис.1 Количество пользователей сети Wi-Fi с компьютера и переносных гаджетов

Тенденция роста количества публичных хот-спотов в России также говорит об актуальности проекта, т.к. владелец каждого хот-спота может «раздавать» сеть с помощью World Wifi, зарабатывая при этом деньги.

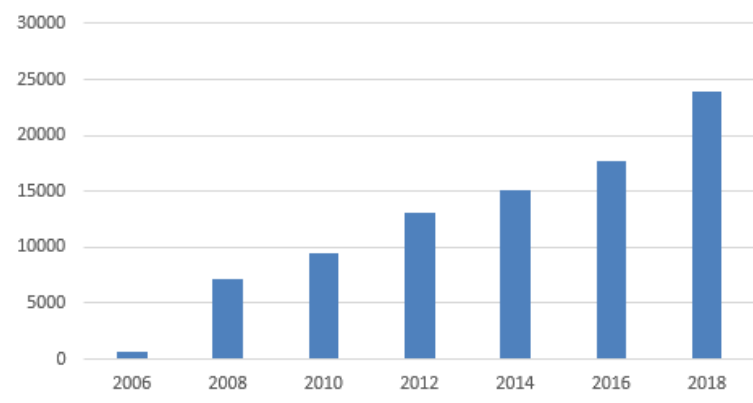


Рис.2 Количество бесплатных хот-спотов в России.

Надпись «Free Wifi» сегодня можно увидеть на каждом углу: вагоны и вестибюли метро, трамваи, автобусы, экраны у метро, рестораны, музеи и т.д. Современного человека не перестанет привлекать надпись «Free», особенно, если речь идет о такой технологии, как WiFi. Таким образом, можно сделать вывод, что всемирный проект World Wifi имеет все шансы на успех и сможет стремительно развиваться в современном мире.

В настоящий момент разработчики тестируют демоверсию сети, к которой подключено 100 роутеров. В начале марта 2018 г. сеть будет готова к альфа-тестированию. Запуск полноценной версии запланирован на апрель-июнь 2018 г. За три года авторы проекта планируют подключить к World Wi-Fi 20 миллионов роутеров.

Список литературы

1. Будущее без проводов. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.worldwifi.io> (дата обращения 04.03.2018)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ВУП-11М НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI

Е.И. МАЛЕВАННАЯ¹, Д.Д. ВАСИЛЬЕВ¹, К.М. МОИСЕЕВ¹

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Аннотация. В статье рассматривается система ручного управления вакуумной технологической установкой ВУП-11М для нанесения тонкопленочных покрытий и существующий блок управления системами установки. Описана комплексная принципиальная схема оборудования. Показано, как на основе микрокомпьютера Raspberry Pi возможно создать систему автоматического управления установкой, внедрив ее параллельно существующей системе управления.

Ключевые слова: вакуумная технологическая установка, нанесение тонких пленок, система автоматического управления, блок управления, микрокомпьютер, комплексная принципиальная схема

Введение

Вакуумная технологическая установка ВУП-11М является установкой периодического действия и предназначена для нанесения широкого спектра покрытий (металлических, диэлектрических, оптических и др.) [1]. Установка располагается в лаборатории «Элионные процессы и нанотехнологии» кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Данное оборудование является достаточно сложной технологической системой, поэтому при решении задач нанесения покрытий в несколько десятков или единиц нанометров управление такой установкой становится затруднительным. Система автоматического управления вакуумной технологической установкой позволяет быстро и четко управлять всеми подсистемами оборудования, что делает процесс более точным и безопасным [2].

Чаще всего системы управления технологических установок подобного типа базируются на промышленных программируемых контроллерах ADAM 5510 или ОВЕН [3, 4]. Преимуществом этих контроллеров является привязка к жесткому реальному времени, а также возможность задать периоды прерываний управляющей программы [2]. Для лабораторных установок не требуется сильной привязки к жесткому реальному времени, поэтому можно воспользоваться микрокомпьютером, который одновременно будет выполнять функции контроллера и ПК для общения с оператором. Для этого подойдет активно развивающийся последнее время микрокомпьютер Raspberry Pi [5], к которому имеется возможность подключения до 127 устройств по шине I2C, такие как АЦП, ЦАП или дискретный ввод-вывод, что позволит обеспечить управлением все элементы установки. При этом, совместив в одном устройстве функции компьютера и контроллера, можно существенно сэкономить на разработке системы управления установкой для университетской лаборатории.

На данный момент управление установкой происходит вручную с блока управления установкой [6]. Блок позволяет управлять откачной системой установки, нагревом камеры ленточным нагревателем, а также считывать показатели с трех термомпар. Все остальные элементы установки управляются со своих блоков управления, расположенных в шкафу управления установкой (рис. 1).



Рис. 1. Установка ВУП-11М: 1 – вакуумная камера; 2 – турбомолекулярный насос; 3 – спиральный насос; 4 – стойка управления; 5 – контроллер ПИС; 6 – магнетрон, 7 – датчик давления; 8 – ввод вращения; 9 – клапан напуска атмосферы; 10 – затвор; 11 – проточный нагреватель

Целью работы является разработка системы автоматического управления установкой ВУП-11М на основе микрокомпьютера Raspberry Pi с сохранением ручного управления с имеющегося блока.

Описание комплексной принципиальной схемы установки

Разработка системы управления начинается с составления перечня управляемых элементов установки и построения комплексной принципиальной схемы установки (рис. 2).

Откачная система установки является двухступенчатой и состоит из спирального форвакуумного насоса и высоковакуумного турбомолекулярного насоса. Установка оснащена несколькими технологическими источниками – двумя магнетронными распылительными системами (Ø100 мм и Ø50,8 мм), автономным сеточным источником ионов, комбинированной магнетронной распылительной системой с ионным ассистированием. Источники располагаются на фланцах камеры, которая представляет собой куб с патрубками Ду320. Все технологические источники имеют водяное охлаждение от центрального водоснабжения. Установка оснащена двумя газовыми линейками для подачи в камеру рабочего газа (аргона) и реактивных газов (азота и кислорода). Система обогрева камеры установки состоит из ленточного нагревателя и проточного водяного нагревателя, через который вода проходит и попадает в опоясывающую камеру медную трубку. Нагрев подложкодержателя осуществляется толстопленочным резистивным нагревателем. Данные по температуре с двух внутренних и одной внешней термодпар поступают на терморегулятор. Каждый технологический источник подключен к своему блоку питания.

Описание принципиальной электрической схемы установки

Подключение сигналов аналогового (АУ) и дискретного (ДУ) управления и аналогового (АК) и дискретного (ДК) контроля к Raspberry Pi осуществляется с применением типовых схем (рис. 3).

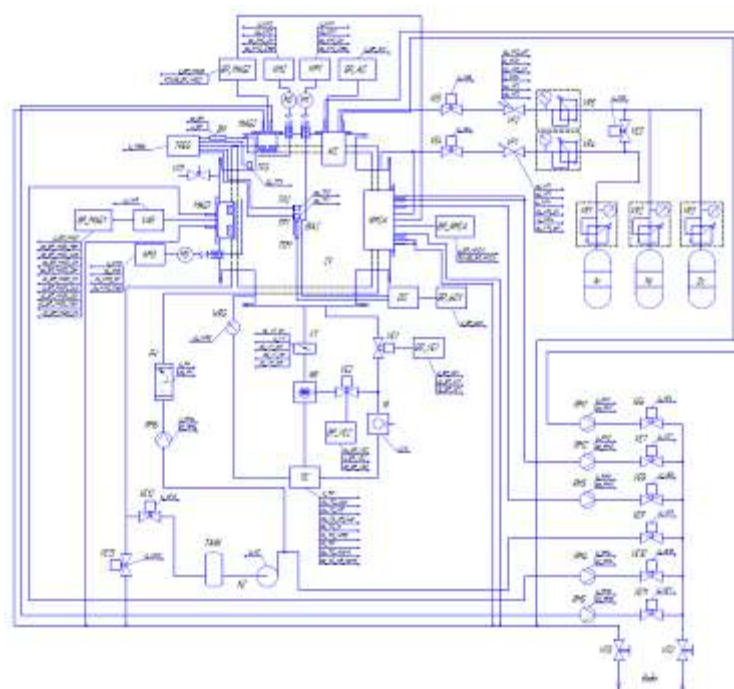


Рис. 2. Комплексная принципиальная схема установки

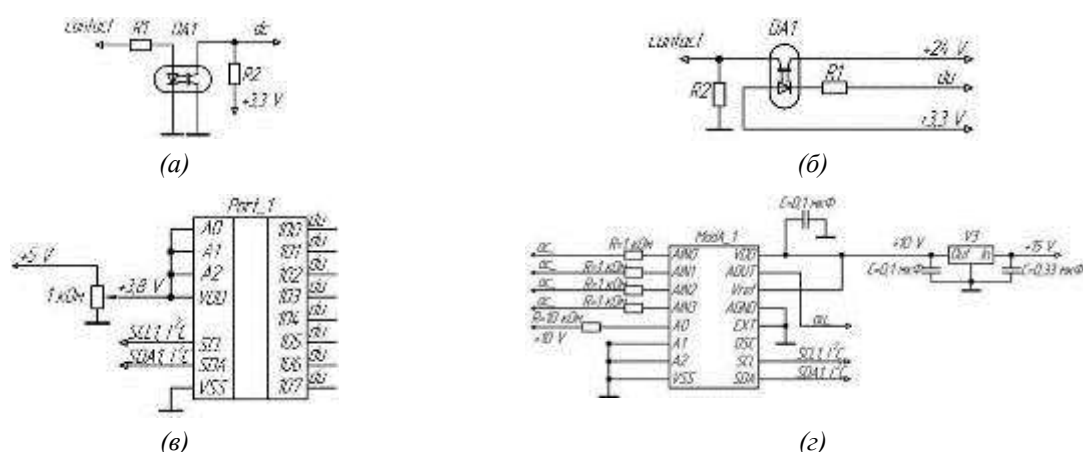


Рис. 3. Типовые схемы для подключения контактов для управления установкой к Raspberry Pi: а - подключение дискретного контроля (ДК); б - подключение дискретного управления (ДУ); в - схема расширения цифровых входов/выходов, г - подключение аналоговых входов/выходов для управления и контроля (АК/АУ)

Для расширения количества входов и выходов у микрокомпьютера Raspberry Pi применяют микросхемы PCF8591P (для аналоговых входов/выходов) (рис. 3, г) и микросхемы PCA9554PW (для цифровых) (рис. 3, в).

Заключение

В результате проделанной работы:

1. Проанализированы применяющиеся для автоматизации лабораторных установок контроллеры. В результате анализа выяснено, что для лабораторных установок выгодно использовать микрокомпьютер Raspberry Pi, совмещающий в себе функции контроллера и ПК.
2. Изучены компоненты установки и способы управления ими. Разработаны схемы для различных элементов и типов сигналов.

3. Подготовлена документация для автоматизации установки ВУП-11М.

Список литературы

1. Моисеев, К.М. Многопозиционные вакуумные технологические установки // Наноинженерия. 2014. № 8. С. 18–21.
2. Технические средства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков. — М.:Издательский центр «Академия», 2007. — 368 с.
3. ADAM 5510 Series – PC-based Programmable Controller / User's Manual. - Advantech Co., Ltd. – 2008.
4. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.
5. Raspberry Pi 3 Model B [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/raspberry-pi-3-model-b>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 10.03.2018).
6. Блок управления ВУП-11М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nanoelion.ru/projects/bp-vup-11m/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 10.03.2018).

**О ПРИМЕНЕНИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИЕЙ
ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ**

Е.А. МАЛИНИНА, Н.Р. СОЛОДУШЕНКОВ, Д.А ГРАЧЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассматриваются преимущества и перспективы внедрения виртуализации в проектирование системы УНВГА.

Ключевые слова: виртуальная система, моделирование, замкнутая система автоматического управления, транспортное средство, экология, выхлопные газы, нейтрализация.

Сколько вредных веществ выбрасывают автомобили Санкт-Петербурга в атмосферу за один день, за год? В настоящее время суммарный годовой выброс 1 700 000 зарегистрированных в Санкт-Петербурге автомобилей, даже с учётом экологических норм, достигает 447,8 тыс. тонн. Это 361 100 тонн СО в год или 989 тонн в день и 37 600 тонн NOx в год или 103 тонны в день. [1]

При работе двигателя происходит неполное сгорание топлива, что приводит к образованию токсичных веществ в виде газов. Продукты окисления и неполного сгорания содержат окись углерода (СО), углеводороды (СН), окислы азота (NOx), бензапирен, альдегиды и сажу, которые обычно называют Вредные Выхлопные Газы (ВВГ) автомобиля. Эти выбросы относятся к особо опасным загрязняющим веществам как для человека, так и для окружающей среды. [2]

Одним из подходов по созданию систем снижения ВВГ автомобиля является замкнутая система управления нейтрализацией выхлопных газов автомобиля (ЗСУНВГА).[3], [4].

Этот подход по нейтрализации выхлопных газов автомобиля основан на применении замкнутой системы управления каталитическим преобразователем. В качестве способа управления используется управление подогревом катализатора, что увеличивает скорость протекания химической реакции по нейтрализации ВВГ и тем самым снижает количество ВВГ.

Применение виртуализации [5] для проектирования ЗСУНВГА позволит существенно повысить эффективность проектирования этой системы, особенно на этапах конструирования, макетирования, испытаний.

Преимуществами использования виртуальной системы для представления работы ЗСУНВГА являются:

- экономически выгодная система на основных этапах проектирования ЗСУНВГА;
- “экологически чистое” испытание работы ЗСУНВГА;
- воспроизведение работы ЗСУНВГА не ограниченное временем проведения тестирования системы;
- тестирование поведения ЗСУНВГА при различных внешних воздействиях;
- анализ взаимодействия различных элементов ЗСУНВГА;
- выявление соответствия характеристик элемента ЗСУНВГА требованиям по техническому заданию;
- оценка возможностей виртуализация ЗСУНВГА для разных моделей автомобиля, для последующего внедрения ЗСУНВГА в реальных условиях применения.

Применение виртуализации для воспроизведения работы ЗСУНВГА становится возможным путём объединения на реальном компьютере виртуальных процессов:

- 3D моделирование элементов ЗСУНВГА;
- математическое моделирование ЗСУНВГА;
- расчёт прохождения газовых потоков через все элементы ЗСУНВГА;

В дополнение к перечисленному необходимо применение базы данных элементов.

В настоящее время существует база данных элементов, математических моделей элементов и система автоматического регулирования (САР) ЗСУНВГА. Перечисленные средства виртуализации позволят осуществлять проектирование и производство ЗСУНВГА и внедрение этой системы в уже существующие модели автомобиля и в перспективные концепты с минимальными затратами.

Виртуализация позволит повысить эффективность применения САПР в проектировании ЗСУНВГА, особенно на этапах испытания системы, при работе двигателя в установленных нормах и стандартах, частотах вращения коленчатого вала, скоростях движения и других характеристиках. [6]

Таким образом применение виртуализации для проектирования работы замкнутой системы управления нейтрализацией выхлопных газов автомобиля можно считать весьма перспективным, своевременным и экономический выгодным средством САПР ЗСУНВГА, направлением снижения вредного воздействия выхлопных газов автомобиля на окружающую среду.

Список литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 году/ Под редакцией И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2017. — 158 с
2. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп.. Неорганические и элементоорганические соединения. - Л.: Изд-во «Химия», -1977г
3. Сольников Р.И., Коршунов Г.И., Баронова О.В. Замкнутая система управления нейтрализацией отработавших газов автомобилей.
4. Сольников Р.И., Коршунов Г.И., Математическое и методическое обеспечение экосистемы инноваций в проблеме нейтрализации отработавших газов автомобиля.

5. Ахрем А.А., Макаров И.М., Рахманкулов В.З. Математическая теория виртуализации процессов проектирования и трансфера технологий. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 316 с.
6. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния (с Изменением N 1)

ФИНАНСИРОВАНИЕ СТАРТАПОВ ЧЕРЕЗ ПЕРВИЧНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ТОКЕНОВ

М.Д. МАРКИН, М.С. СЛАБЧЕНКО, В.Д. ЦВЕТКОВ.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье описаны принцип и процесс сбора средств для развития стартапа через первичное размещение токенов.

Ключевые слова: ICO, стартап, токен, блокчейн, финансирование, краудфандинг.

Часто разработчик или группа разработчиков обладают интересной бизнес-идеей, но средства на разработку и маркетинг отсутствуют. Привлечь инвестиции, имея только идею, очень сложно и в этом случае на помощь приходит ICO.

ICO (Initial Coin Offerings) переводится как первичное размещение монет и само по себе есть не что иное, как некая разновидность криптовалютного краудфандинга. Эта система привлечения средств заключается в технологии обмена выпущенных (эмитированных) самой компанией токенов или собственных цифровых денег на уже существующие криптовалюты или на фиатные деньги. Важно понять, что собой представляют эти токены и на какие цели их планируют потратить. Токены – это, можно сказать, новый финансовый инструмент. Так как компания пользуется блокчейн-технологией, то необходимо оплатить услуги сообщества, которому принадлежит блокчейн. Это первая из задач токенов – обеспечить бесперебойную работу блокчейна. Вторая функция токенов – стать внутренними деньгами компании, которыми люди и будут оплачивать доступ к вашей платформе. Третьей функцией является обеспечение покрытия задолженности по обязательствам компании перед инвесторами. Спрос на токены будет расти пропорционально спросу на услуги вашей платформы. Иногда токены после успешного развития компании на определённый уровень выкупаются обратно самой компанией, что уменьшает обязательства компании перед криптоинвесторами. Итак, наше загадочное слово ICO не что иное, как создание или эмиссия некоторого количества токенов для продажи инвесторам с целью собрать необходимые средства для дальнейшего развития проекта или криптовалюты.

Выпустив свои собственные токены, такой проект обменивает их как на распространённые криптовалюты или альткоины, так и на совершенно обычные валюты, принятые называть фиатными деньгами. Эти токены вращаются внутри бизнес-модели данной компании, и в зависимости от того, насколько успешно будет развиваться данная компания или профинансированный проект, настолько и будут увеличиваться в цене ваши токены, а вместе с ними и ваше состояние.

Теперь рассмотрим способы получения токенов:

1. Прямая покупка токенов. Во время проведения ICO токены можно купить на сайте стартапа переводом криптовалюты на кошелек проекта. После завершения ICO токены можно приобрести на криптобиржах.

2. Baunty company. Компания, которая проводит ICO, выделяет токены на раскрутку проекта. Краудсейлер получает токены за проведение рекламной компании в социальных сетях. У каждого краудсейла есть свои условия, и, как правило, менеджеры прописывают все условия на сайтах ICO и пристально следят за их выполнением.
3. Pre-ICO. Не всегда хватает средств для проведения ICO. В этом случае компании проводят Pre-ICO. Это не что иное, как сбор средств ранними инвесторами. Ранним криптоинвесторам предлагаются особые условия, которые иногда достигают и 100% бонусов на вложенные средства.

Мы проанализировали рынок ICO и сделали вывод, что не все так просто, как кажется на первый взгляд. На рис. 1 представлено количество привлеченных средств через первичное размещение токенов в период с января 2017 года по март 2018 года.

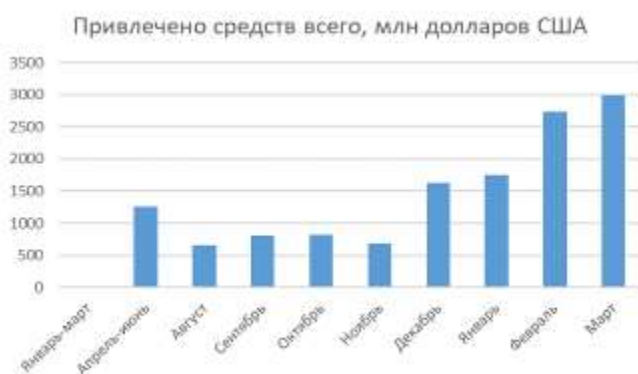


Рис.1 Количество привлеченных средств через ICO компании .

А теперь рассмотрим сколько было проведено ICO компаний в этот же промежуток времени. На рис. 2 представлен график зависимости количества проведенных компаний ICO от привлеченных средств.

По графику мы можем сделать вывод, что ежемесячно количество компаний, проводивших ICO, растет, а также растет количество привлеченных средств. Но мы не учитывали процент успешно завершенных проектов.

Проанализировав все ICO 2017 года, оказалось, что 84% проектов оказались мошенническими, 5% оказались провальными, а 4% прекратили работу. То есть всего 7% проектов в итоге вышли на биржу, занимаются совершенствованием своего продукта и имеют большую заинтересованность пользователей.



Рис.2 График зависимости количества проведенных ICO и привлеченных средств от времени.

Но на фоне количества провальных проектов лояльность и заинтересованность инвесторов упала, соответственно для запуска успешной ICO компании требуется не только инновационная идея, но и средства на маркетинг и продвижение.

По мнению игроков рынка, стоимость проведения ICO колеблется от 100 тыс. долларов до 1,5 млн. долларов США, но сумма затрат во многом определяется сферой, в которой запускается проект. Главная статья расходов ICO – это маркетинг, по разным данным он может составлять до 70% от общей стоимости проекта.

Таким образом ICO можно рассматривать для масштабирования бизнеса или сбора средств на развитие стартапа, но надо рассмотреть все риски. Стоит учитывать, что в связи с отсутствием гарантий возмещения вложенных средств и статистикой проведения успешных ICO, криптоинвесторы очень рискуют, инвестируя в ICO проект.

Список литературы

1. Актс Р, «Анатомия краудфандинга. или Феномен ICO».
2. Михеев А., Генкин А, «Блокчейн: Как это работает и что ждет нас завтра».

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ» ПОСРЕДСТВОМ WI-FI СОЕДИНЕНИЯ

А.А. МИРКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация: в данной статье рассматривается функционал системы управления «Умным домом», приведено описание электронных компонентов и программного обеспечения, которые выбраны для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: умный дом, wi-fi сеть

Предпосылка: Век высоких технологий ознаменовал период трансформации окружающей нас действительности от простого к сложному, от сложного к продвинутому, коснувшись всех сфер социального общества. Примером того послужат созданные системы с функционалом «Умного дома», великолепно справляющиеся со своими задачами, но имеющие недостаток в виде неустойчивого интернет-соединения.

Цель проекта: создать устойчивую систему управления «Умным домом» посредством Wi-Fi соединения.

Система «Умный дом» создана в первую очередь для того, чтобы сделать повседневную жизнь еще более комфортной. Главная задача «Умного дома» - автоматически производить обмен информацией между различным оборудованием через интернет-соединение, которое установлено в доме. На данный момент, существующие системы управления «Умным домом» не справляются с поставленной задачей, если интернет-соединение прерывается. Данный проект даст возможность пользователю не терять контроль над «Умным домом» даже в случае потери интернет-соединения. Принцип работы системы будет изложен далее. Владелец, находясь в зоне работы локальной Wi-Fi сети, либо с включённым интернет-соединением, сможет управлять системой «Умный дом» посредством приложения. В самом приложении будет выбор: использовать интернет-соединение или же локальный Wi-Fi. После того, как пользователь выберет удобный способ работы с «Умным домом», отобразится список подключённых

устройств. Подключённые устройства будут отсылать информацию в реальном времени, а приложение собирать и аккумулировать ее, создавая возможность просмотреть отчет за последний месяц или год в будущем. Беспокоясь за безопасность своих данных при потере доступа к аккаунту пользователь в любой момент может отключить контроль от системы «Умный дом». В случае, если интернет соединение не активно, возможность отключения предусмотрена через локальную сеть.

Основой данного проекта был микроконтроллер Arduino Uno [1], для подключения к интернету был использован Ethernet W5100 Shield а для расширения портов был использован Arduino IO Sensor Shield. Так же для реализации проекта был задействован микроконтроллер ESP8266, его задача заключается в создании Wi-Fi сети, через которую будут передаваться данные. Конвертер USB-UART нужен для конвертирования информации с микроконтроллера ESP8266, также данный конвертер даёт возможность прошить и установить нужный патч на микроконтроллер. Стабилизатор AMS1117 служит понижению входного напряжения с 5В до 3.3В, данное понижение требуется для запуска микроконтроллера ESP8266.

Для реализации программного обеспечения было использовано:

- 1) Visual Studio C# - среда разработки для Windows [2].
- 2) Arduino Studio - среда разработки для работы с платформой Android [3].
- 3) SQL - декларативный язык программирования использован для написания базы данных.

Преимуществом проекта являются: гибкость системы, возможность контролировать «Умный дом», а также отключение существующих учетных записей без интернет-соединения.

Список литературы

1. Петин В.В., Биняковский А.А. Практическая энциклопедия Arduino – ДМК-Пресс, 2017.
2. Мартин Р.С. Чистый код. Создание, анализ и рефакторинг – Питер, 2015.
3. Дейтл П., Дейтл Х., Уолд А. Android для разработчиков – Питер, 2016.

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В. Г. Миснянкин, Д. С. ДЕМЕНТЬЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Задачи повышения производительности обработки географических данных носят разно-сторонний характер и требуют разработки различных алгоритмов, методов и структур данных при работе с цифровой картографической информацией. Таким образом, для современных БД, помимо современной аппаратной платформы, крайне важным является наличие высокопроизводительных методов доступа к данным, один из таких методов и рассмотрен в данной работе.

Ключевые слова: геоинформационные системы, Морские службы, картография, качество информации

На сегодняшний день, электронная картография является одним из основных направлений развития Морских Служб (МС). Роль электронных карт в автоматизации процессов управления силами МС определяется тем, что они могут являться

картографической основой геоинформационных систем (ГИС). Электронные карты в МС используются:

- В системах управления движением кораблей;
- В системах гидрографической и гидрометеорологической разведки[1].
- В корабельных электронных навигационных информационных системах;

Основной задачей при разработке автоматизированной системы обработки МС ЦКИ стало повышение эффективности обеспечения штабов, пунктов управления, кораблей и судов МС цифровой картографической информацией (ЦКИ) за счет автоматизации процессов:

- Сбора;
- Обработки;
- Обеспечения хранения информации.

А также, тиражирование и доведение цифровой картографической информации до потребителя. Основная задача этой системы – автоматизация процессов управления деятельности органов управления МС на основе использования ЦКИ.

В основу построения архитектуры системы был положен принцип многоуровневой обработки информации. В настоящее время в системе используются три уровня обработки:

- Центральный (главный);
- Региональный (береговой);
- Корабельный (потребитель).

Центральный уровень обработки в автоматизированной системе обеспечения МС ЦКИ является высшим. Он обеспечивает: сбор, загрузку, учет и накопление ЦКИ как от органов картографического производства МС, так и от сторонних организаций-производителей картографической информации.

Региональный уровень обработки является промежуточным и обеспечивает: загрузку, учет и накопление ЦКИ своего региона.

Корабельный уровень, являясь низшим в системе, и реализует автоматизированное формирование запросов от корабельных потребителей на обеспечение последних ЦКИ.

Запрос на предоставление ЦКИ формируется:

- В комплексе средств автоматизации пользователя корабля;
- В береговом комплексе средств автоматизации пользователя соединения кораблей;
- В комплексе средств автоматизации регионального центра обеспечения ЦКИ[2].

Рассмотрим применение GIST системы для обработки цифровой картографической информации в автоматизированной системе обеспечения.

На сегодняшний день, геоинформационные системы GIST нашли свое применение в решении различных задач связанных с моделированием процессов и ситуаций, благодаря чему, можно говорить о новом классе интеллектуальных геоинформационных систем[3].

Реализация дерева по шаблону GIST обладает следующими преимуществами:

- Легкость применения новой структуры (для этого необходимо реализовать всего 6 методов интерфейса GIST);
- Инкапсуляция внутренней структуры дерева;
- В GIST системе используется механизм обеспечения параллельного доступа;
- В GIST системе производится обеспечения изоляции транзакций.

Основным же её недостатком является то, что не любую структуру данных можно реализовать таким способом. Например, если брать на рассмотрение более углубленные

модификации R-tree, а именно RR*- tree и Гильбертово R- tree, создают некоторые трудности для встраивания их в GIST систему.

Поэтому необходима модификация GIST системы, непосредственно под нужды ЦКИ,

Таким образом, внедрение GIST системы с элементами искусственного интеллекта для обработки геопространственной информации, позволяет:

- Повысить качество и скорость обработки данных за счет применения новых функций;
- Развивать и улучшать алгоритмы обработки пространственных данных;
- Улучшить качество и скорость представления запрашиваемой информации для пользователя.

Из вышесказанного можно сделать вывод о необходимости дальнейшего совершенствования автоматизированной системы обеспечения Морских Служб цифровой картографической информацией и в частности, ее корабельной составляющей.

Список литературы

1. В.А. Титлянов, А.А. Якушев, М.Ю. Смирнов «Навигация и гидрография»//Пути совершенствования автоматизированной системы обеспечения ВМФ цифровой картографической информацией (АСО ВМФ ЦКИ) – 2015. – № 42. – С. 7-11.
2. М.Ю. Смирнов «Пути модернизации навигационного комплекса для надводного корабля и его возможная интеграция с комплексной системой управления. » – Труды VII Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности» «НГО-2011» (18–20 мая 2011 г., С.-Петербург). – С. 144–146.
3. К.Е.Чередник «Сравнительный анализ алгоритмов расщепления вершин в R-дереве»– С. 15-21.

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕО С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫ- ЧИСЛЕНИЙ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

А. В. ВЕДЕНИН, С. М. МОРОЗОВ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Дискретное косинусное преобразование применяется во многих сферах, в частности, в сжатии изображений и видеофайлов. Стандартная реализация данного алгоритма может выполняться достаточно долго. Для ускорения выполнения данного преобразования можно использовать вычислительные мощности графических процессоров.

Ключевые слова: графический процессор, сжатие изображений, дискретное косинусное преобразование

В настоящее время использование цифровых изображений и видео играет огромную роль. Хранение данных файлов может занимать много места, если сохранять каждый пиксел. Распространенным методом уменьшения размеров файлов является применение дискретного косинусного преобразования.

Дискретное косинусное преобразование (ДКП) используется для сжатия изображений с потерями. Самый яркий пример – форматы JPEG и MPEG. Для улучшения результата преобразования изображения кадры видео разбивают на части определённого размера. Принято разбивать изображения на отдельные элементы по 8*8 пикселей.

Программная реализация алгоритмов кодирования и декодирования сводится к перемножению большого количества матриц. Например, для изображения 640*480

(типичное разрешение для веб-камеры) пикселей, разбитого на части 8×8 , потребуется провести ДКП 4800 матриц. В дальнейшем преобразованные элементы квантуются путём поэлементного деления на матрицу квантования. После этого происходит непосредственное кодирование изображения. Для декодирования все данные операции выполняются в обратной последовательности.

Проблема данного алгоритма заключается том, что алгоритм медленный. Каждый независимый участок изображения обрабатывается последовательно. Для решения данной проблемы можно использовать распараллеливание алгоритма. Участки изображения можно обрабатывать параллельно. Поскольку в данной ситуации очень большое количество независимых единиц данных, эффективным будет использование GPU. Графические процессоры позволяют обрабатывать большое число независимых данных за счёт большого числа ядер.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТОКОБЕЗОПАСНЫХ СПИСКОВ С ПРОПУСКАМИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛОКИРОВОК

А. Р. ОМЕЛЬНИЧЕНКО, В. А. СМИРНОВ, А. А. ПАЗНИКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Доклад посвящен изучению потокобезопасных структур, в частности списков с пропусками (skip lists), проблемам, возникающим при реализации структур без блокировок (lock-free), преимуществам неблокирующих реализаций над аналогами с такими примитивами синхронизации как мьютексы, семафоры, критические секции и т. п. Сформулированы рекомендации по оптимизации и дальнейшему применению списков с пропусками и других структур без блокировок.

Ключевые слова: потокобезопасные структуры, списки с пропусками, неблокирующая синхронизация.

Для того чтобы эффективно использовать многопроцессорные вычислительные системы первоначально необходимо задумываться о правильной синхронизации параллельных потоков при доступе к глобальным структурам данных. В настоящее время при разработке параллельных программ для вычислительных систем с общей памятью активно развиваются модели, алгоритмы и программное обеспечение без использования блокировок (lock-free) [1]. Масштабируемость, меньшее время простоя потоков, отсутствие взаимных блокировок (deadlock) и заикливаний (livelock) являются существенными преимуществами такого подхода. Высокая скорость выполнения операций на структурах с неблокирующей синхронизацией [2] не является приоритетным качеством, существующая гарантия продвижения системы в целом куда важнее.

Под неблокирующей синхронизацией понимается механизм взаимодействия нескольких потоков при одновременном доступе к разделяемой памяти, при котором между этими потоками не возникает конфликтов, и все получают свою долю операций. При блокирующей синхронизации если несколько потоков пытаются совершить операции над разделяемой памятью, доступ распределяется таким образом, что активным потоком считается лишь один, остальные ждут своей очереди. С точки зрения производительности такой подход не всегда выгоден, могут возникать ситуации с долгим переключением с одного потока на другой, или некоторые потоки могут вообще не получить свою часть вычислительных операций.

В данной работе для реализации lock-free алгоритмов были выбраны списки с пропусками (skip lists). Выбор данной структуры обоснован схожими показателями производительности с бинарными деревьями поиска [3]. Применение механизмов неблокирующей синхронизации к спискам с пропусками может послужить хорошей альтернативой различным деревьям, широко используемым в настоящее время, таким как красно-черное дерево, АВЛ-дерево, В-дерево.

Списки с пропусками представляют из себя многоуровневый связный список. На нижнем уровне все элементы связаны друг с другом, в каждом следующем уровне элемент появляется с некоторой вероятностью p . Список постоянно сбалансирован, поэтому время на поиск необходимого элемента значительно сокращается.

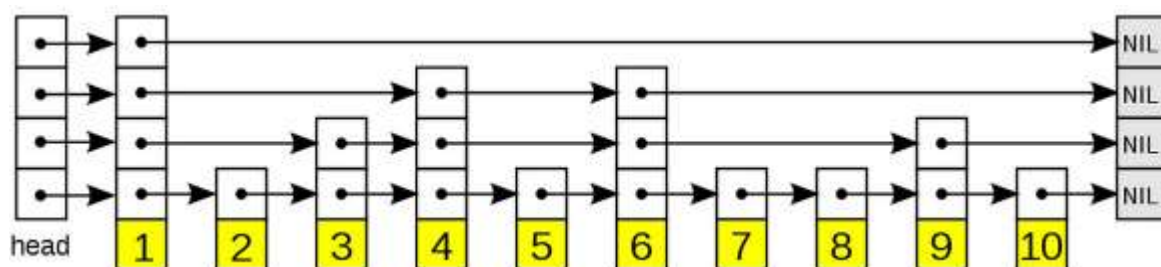


Рис. 1. Структура списков с пропусками

В докладе представлены результаты сравнения алгоритмов с блокирующей и неблокирующей синхронизацией, реализаций на основе транзакционной памяти. Приведены аргументы в пользу дальнейшего более подробного изучения механизмов неблокирующей синхронизации как перспективного направления.

Список литературы

1. Уильямс Э. [Williams A.] C++ Concurrency In Action Practical Multithreading. — New York: Manning Publications, 2009. — 337с.
2. Херлихи М. [Herlihy M.], Шавит Н. [Shavit N.] The Art of Multiprocessor Programming. — New York: Morgan Kaufmann, 2008. — 508с.
3. Бапи Ч. [Bari C.], Нхан Н. [Nhan N.], Филлипас Т. [Philippas T.] Efficient Lock-free Binary Search Trees [Электронный ресурс] // 2014. 12 апреля. URL: <https://arxiv.org/abs/1404.3272>
4. Грамоли В. [Gramoli V.] More Than You Ever Wanted To Know about Synchronization. — Australia: NICTA and University of Sydney, 2015. — 10с.

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В КОРАБЕЛЬНЫХ БОЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

А.И. ПАВЛОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В современных боевых кораблях одним из самых важных элементов является боевая информационно-управляющая система (БИУС). С помощью БИУС экипажу и командованию корабля упростить оценку окружающей обстановки и, при необходимости, применять нужный вид вооружения. В данной статье описано как устроен БИУС изнутри с точки зрения программного обеспечения, а также как управлялся БИУС до появления операционных систем реального времени.

Ключевые слова: Боевая информационно-управляющая система, операционная система реального времени, QNX, микроядерные операционные системы

Боевая информационная управляющая система (БИУС) – комплекс электронно-вычислительной аппаратуры и других технических средств корабля, предназначенный для автоматизированной выработки рекомендаций по маневрированию его в целях наиболее эффективного использования боевых возможностей технических средств и оружия. Эта система является важнейшей на корабле, к которой предъявляются наиболее высокие требования, такие как: высокая надёжность; максимально оперативное реагирование на обработку внешней информации и выработка рекомендаций (решений) в максимально короткий промежуток времени.

В течении двух лет (с 1955 по 1957 год) – впервые рассматриваются в НИУ ВМФ вопросы автоматизации управления силами, оружием и техническими средствами как одиночных надводных кораблей, так их тактических групп и соединений.

В 1957-1961 гг. была теоретически обоснована, а в НПО “Агат” создана система трансляции, целеуказания и взаимного обмена информацией между кораблями тактической группы - “Море-У”, главным конструктором которой стал- Е.Д. Егоров.

В 1961 г. в НИУ ВМФ была выполнена работа по обоснованию комплексной системы сбора и обработки информации для централизованного управления силами и оружием кораблей тактической группы. В результате этой работы были созданы первые в ВМФ БИУС для надводных кораблей типа “Корень”. В 1967 г. она успешно прошла государственные испытания и была принята на вооружение с установкой на противолодочном крейсере “Москва”.

А уже в 1976 году опытный образец БИУС “Аллея-2” успешно выдержал испытания, был принят на вооружение и установлен на первый авианесущий крейсер проекта 1143 “Киев”.

В 1980 году под руководством В.П. Тодурова в НПО “Марс” была представлена на государственные испытания базовая БИУС “Лесоруб”. Она создавалась на элементной базе третьего поколения, что позволило значительно улучшить ТТХ БИУС, повысить степень автоматизации процессов, обоснованность и оперативность принимаемых командованием решений при меньших массогабаритных характеристиках технических средств.

Все вышеперечисленные БИУС были под управлением базовой операционной системы (BOS). Данная операционная система (ОС) построена по принципу пакетной обработки. К минусам данной схемы можно отнести то, что планировщик расставляет пакеты в очередь на обработку исходя из приоритетности. Соответственно, исходя из возможности нахождения в очереди на обработку пакета с высшим приоритетом, точного понимания, когда данные определённого пакета будут обработаны нет, а это вызывает риск того, что за время простаивания пакета в очереди исходная информация может потерять актуальность. В результате недостатков ОС пакетной обработки программисты стали разрабатывать систему, которая обрабатывает данные без задержек. В такой системе для каждой задачи предусматривается определённый отрезок времени, за которой должно быть получено решение, что гарантирует его актуальность. Эта концепция была названа операционной системой реального времени.

Операционная система реального времени (ОСРВ) QNX (произносится «кьюникс», «кью-эн-экс») - POSIX-совместимая жесткая операционная система реального времени,

предназначенная преимущественно для встраиваемых систем. Считается одной из лучших реализаций концепции микроядерных операционных систем.

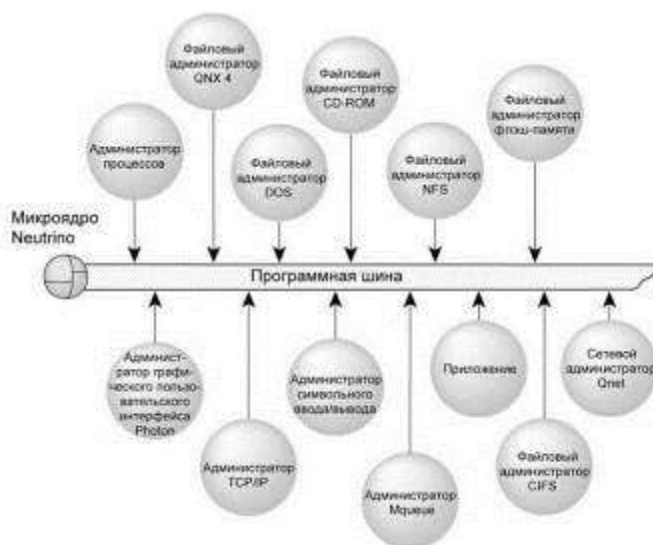


Рис. 1 Схема QNX Neutrino и её сервисов

Как микроядерная операционная система, ОСПВ QNX основана на идее работы основной части своих компонентов как небольших задач, называемых сервисами. Это отличает её от традиционных монолитных ядер, в которых ядро операционной системы — одна большая программа, состоящая из большого количества «частей», каждая со своими особенностями. Использование микроядра в ОСПВ QNX позволяет пользователям (разработчикам) отключить любую ненужную им функциональность, не изменяя ядро. Для этого можно просто не запускать определённый процесс. Кроме того, каждый процесс выполняется в выделенном виртуальном адресном пространстве, что делает невозможным при некорректной работе одного процесса как-либо повлиять на работу другого.

Система достаточно небольшая, чтобы в минимальной комплектации уместиться на одну дискету, вместе с этим она считается очень быстрой и должным образом «законченной» (практически не содержащей ошибок).

ОСПВ QNX Neutrino, 2001 года, перенесена на многие платформы и сейчас способна работать практически на любом современном процессоре, используемом на рынке встраиваемых систем. Среди этих платформ присутствуют семейства x86, MIPS, PowerPC, а также специализированные семейства процессоров, такие как SH-4, ARM, StrongARM и xScale.

На сегодняшний день единственным ограничением на широкое использование ОСПВ QNX является высокая стоимость лицензии и сильная зависимость от ОСПВ QNX Software Systems в плане лицензирования разработанного программного обеспечения. Но, тем не менее, она занимает лидирующую позицию среди ОС реального времени на платформе ПК.

Наиболее крупными конкурентами ОСПВ QNX являются ОСПВ VxWorks, OS-9, Integrity, LynxOS, MINIX 3 (Под лицензией BSD), а также некоторые ОС на ядре Linux (RTLinux и др.). Рассмотрим особенности некоторых из этих ОС.

Операционные системы реального времени семейства VxWorks предназначены для разработки программного обеспечения (ПО) встраиваемых компьютеров, работающих в системах жесткого реального времени. Особенностью данной ОС является то, что

планирование задач возможно двумя способами – вытеснение по приоритетам и циклическое.

ОСРВ RTEMS (Real-Time Executive for Multiprocessor Systems) – это некоммерческая операционная система реального времени для глубоко встраиваемых систем. Недостатком является поддержка только двух файловых систем IMFS и TFTP.

Операционная система ChorusOS – это масштабируемая встраиваемая ОС, широко применяемая в телекоммуникационной индустрии. В настоящее время этот бренд развивается и распространяется корпорацией Sun Microsystems. Корпорация Sun Microsystems представляет ОС ChorusOS как встраиваемую основу для Sun'овской сети, управляемой сервисами.

Из всего многообразия операционных систем ОСРВ QNX выделяется прежде всего своим удачным архитектурным решением: концепция микроядра позволяет легко отключать ненужные функциональности и таким образом настраивать систему под определенный круг задач. Также в ОСРВ QNX все процессы выполняются в изолированных адресных пространствах, что значительно повышает надежность системы, так как ошибки, произошедшие в одном процессе, не смогут повлиять на другой процесс. Наконец, ОСРВ QNX является операционной системой для широкого пользования, поэтому она позволяет решать практически любые возникающие задачи.

Несмотря на появление новых и усовершенствование существующих операционных систем, ОСРВ являются безальтернативными для применения в корабельных БИУС, что связано со специфичностью задач, высокими требованиями к надежности и быстродействию, использованию вытесняющего алгоритма планирования задач. Из существующих на данный момент ОСРВ наиболее подходящей для использования в БИУС является QNX, так как она фактически не содержит ошибок и реализует микроядерную архитектуру, что обеспечивает высокую надежность системы и возможность её глубокой конфигурации. Кроме того, ОСРВ QNX является операционной системой для широкого пользования, поэтому она позволяет решать практически любые возникающие задачи, а не только узкий круг определенных задач (как, например, ОСРВ для глубоко встраиваемых систем RTEMS). Более того, есть информация, что российские специалисты полностью переписали ядро операционной системы ОСРВ QNX, что фактически означает создание новой операционной системы на базе ОСРВ QNX.

Список литературы

1. Аверин А. Б. Адмиралы и маршалы. Корабли проектов 1134 и 1134А. — М.: Военная книга, 2007. — 80, 144 илл. с.
2. Апальков Ю. В. Корабли ВМФ СССР. Справочник в 4 томах. — СПб.: Галей Принт, 2005. — Т. III. Противолодочные корабли. Часть
3. I. Большие противолодочные корабли. Сторожевые корабли. — 124 с.
4. Апальков Ю. В. Противолодочные корабли. — Моркнига. — М., 2010. — С. 147. — 310 с. — 1000 экз.
5. Васильев А. М. и др. СПКБ. 60 лет вместе с флотом. — СПб.: История корабля, 2006.
6. Коваленко В. А., Остроумов М. Н. Справочник по иностранным флотам. — М.: Военное издательство, 1971.
7. Кузин В. П. Ракетные крейсера типа «Атлант» (проект 1164). История создания Часть 2. «Особенности национальной... классификации» // Тайфун : альманах. — 1997. — № 7. — С. 7-13.
8. Кузин В. П., Никольский В. И. Военно-Морской флот СССР 1945-1991. — СПб.: Историческое Морское Общество, 1996. — 653 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КРАУД-ВЫЧИСЛЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ УМНЫХ КОНТРАКТОВ

А.Б. СВЕТЛОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема возможного злоупотребления платформы, обеспечивающей процесс крауд-вычислений. Для решения этой проблемы предлагается использовать технологию умных контрактов для достижения прозрачности и надежности результатов. В работе производится анализ некоторых блокчейн-платформ, поддерживающих технологию умных контрактов, и предлагается архитектура системы.

Ключевые слова: крауд-вычисления, умный контракт, блокчейн, распределенный реестр, ethereum, hyperledger, hyperledger fabric

Под крауд-вычислениями понимается применение интеллектуальных усилий коллективов людей, взаимодействующих посредством информационно-коммуникационных технологий (например, Интернета), для решения задач, для которых, как правило, не существует эффективных алгоритмических решений. На сегодняшний день крауд-вычисления (в форме краудсорсинга) широко применяются как коммерческими организациями, которые таким же способом пытаются найти готовые решения для конкретных проблем [1], так и проведении научных исследований [2].

Поскольку люди, принимающие участие в крауд-вычислениях – не всегда являются специалистами и не всегда нацелены на добросовестную работу, возникает необходимость применения специальных методов оценки и управления качеством результатов, получаемых в ходе крауд-вычислений. Для этого существует ряд схем верификации. Большинство алгоритмов обработки данных, получаемых в ходе крауд-вычислений, выполняют определенный набор действий: рассчитывают сложность задачи, рассчитывают ожидаемое качество результатов исполнителя, определяют результат работы и назначают вознаграждение исполнителям. Простейшими примерами таких алгоритмов являются мажоритарное голосование и эталонные задания. При мажоритарном голосовании не учитывается сложность задания и ожидаемое качество. Задача (предполагающая выбор одного из двух вариантов ответа) назначается N различным исполнителям (где N – нечетное). Подсчитывается количество голосов, отданных за каждый из двух вариантов. Правильным результатом задачи считается тот, который набрал наибольшее количество голосов. Вознаграждение получают те исполнители, кто дал результат, совпадающий с правильным. Второй метод – эталонные задания, подразумевает некоторое количество заданий, с известным правильным ответом. Они используются для определения квалификации исполнителя (КИ). Далее задача (с неизвестным ответом) назначается разным исполнителям до тех пор, пока интегральная КИ исполнителей, выбравших какой-то вариант ответа, посчитанная в соответствии с некоторой монотонной функцией – не будет больше заданного порога. Тот вариант, который превысил порог – считается правильным. Вознаграждение, как и в предыдущем алгоритме, получают исполнители, давшие ответ, совпадающий с правильным результатом.

От того, принята ли работа, может зависеть вознаграждение участника. И в этом кроется возможность злоупотреблений со стороны платформы, обеспечивающей процесс крауд-вычислений. Так, платформа может предоставить участнику искаженную

информацию, демонстрирующую, что его работа не прошла оговоренный механизм контроля качества, а следовательно, не была принята и награждение назначено не было. Это потенциальный сценарий недобросовестного поведения платформы.

Целью данной работы является создание механизма и технологического решения, которые бы позволяли легко удостовериться в том, что работу действительно не приняли, потому что она оказалась плоха. Для достижения поставленной цели предлагается использовать технологию умных контрактов, с помощью которой можно добиться прозрачности и надежности результатов. Но для начала хочется поговорить об технологии распределенного реестра.

Распределенный реестр – это база данных, распределенная между участниками, которые могут находиться в разных географических зонах и организациях. Все участники хранят идентичную копию реестра. Любое изменение реестра приводит к изменению всех копий реестра в сети. Одним из способов реализации распределенного реестра является технология «блокчейн». Эта технология позволяет объединить транзакции в блок и присоединить его к уже существующей цепи. Получается своего рода – «цепочка блоков», где каждый блок ссылается на предыдущий. Для защиты от мошеннических изменений данных используются такие технологии как: криптография и хеширования. Изменить данные очень сложно, а в большинстве случаев технически невозможно [3].

И хотя все алгоритмы согласования и поддержания целостности распределенного реестра могут быть реализованы «с нуля», в большинстве случаев это нецелесообразно, поскольку существуют ряд платформы, в которых уже реализованы все стандартные функции: образования блока, подтверждения блока, регистрация пользователей и т. д. Среди всех платформ хочется выделить две: Ethereum и Hyperledger Fabric, предлагающих существенно различные подходы к реализации данной технологии.

Ethereum является открытой платформой для создания децентрализованных онлайн-сервисов, работающих на базе умных контрактов. Данная платформа имеет свою внутреннюю валюту – эфир, которая применяется в качестве платы за осуществления транзакций пользователями сети. Все транзакции хранятся в одной цепочке блоков. Для подтверждения нового блока-транзакций используется алгоритм консенсуса Proof of Work (PoW), хотя в ближайшее время планируется переход на алгоритм на Proof of Stake (PoS) [4].

Hyperledger Fabric – это один из проектов поддерживаемый Linux Foundation, под руководством IBM. У Fabric нету единого реестра для всех приложений. Вместо этого каждое приложение использует свой собственный реестр с четким распределением прав доступа. Hyperledger, в отличии от Ethereum, не имеет своей внутренней валюты.

Умный контракт представляет собой компьютерный алгоритм, предназначенный для заключения и поддержания коммерческих контрактов в технологии блокчейн. Пользователь соглашается с условиями умного контракта, как и с обычным контрактом в реальной жизни, только без третьих лиц. После его подписания умный контракт автоматически вступает в силу, и реализует ту логику, которая была в нем заложена. Все условия умного контракта запрограммированы и должны быть известны сторонам соглашения. Изменить эти условия между подписания и окончания умного контракта – нельзя.

Основная идея разрабатываемой системы состоит в том, чтобы обеспечить прозрачность и надежность платформы за счет представления алгоритма обработки

результатов выполнения задачи и распределения вознаграждения в виде умного контракта, исполняемого в блокчейн-платформе.

В ходе работы был проведен анализ требований к разрабатываемой системе. В частности:

- проанализированы наиболее распространенные виды алгоритмов управления качеством в системах крауд-вычислений и выявлены их основные характеристики. Это необходимо для того, чтобы составить ключевые атрибуты нашего реестра и оценить рассчитать сложность вычислений умного контракта;

- сформулированы следующие требования к блокчейн-платформе: скорость обработки транзакций, простота использования пользователями, наличие удобных инструментов для разработки программы.

На основании сформулированных требований была предложена архитектура системы (Рис.1).

Алгоритмы верификации хранятся в самом блокчейне в виде умных контрактов. Организаторы или участники посылают транзакции валидаторам используя для этого пользовательский интерфейс приложения, который в свою очередь использует интерфейс умного контракта. Валидатор в нашем случае представляет собой вид пользователя, который проверяет нашу транзакцию, одобряет или же не одобряет ее. В Ethereum роль валидаторов исполняют майнеры, а в Hyperledger их называют пирами. Валидаторы должны выполнить определенный алгоритм действий, заключенный в методе умного контракта. Для этого надо знать текущее состояние блокчейна и интерфейс умного контракта. После валидаторы приходят к единому состоянию и происходит изменение состояния, путем добавления блока в блокчейн.

В качестве блокчейн-платформы выбран Hyperledger, потому что ее можно очень гибко настроить по модулям (например можно выбрать алгоритм консенсуса), Ethereum не всегда способна справиться с нагрузкой сети (пока что) [5], выполнение транзакций в платформе Hyperledger не требует реальных денег.

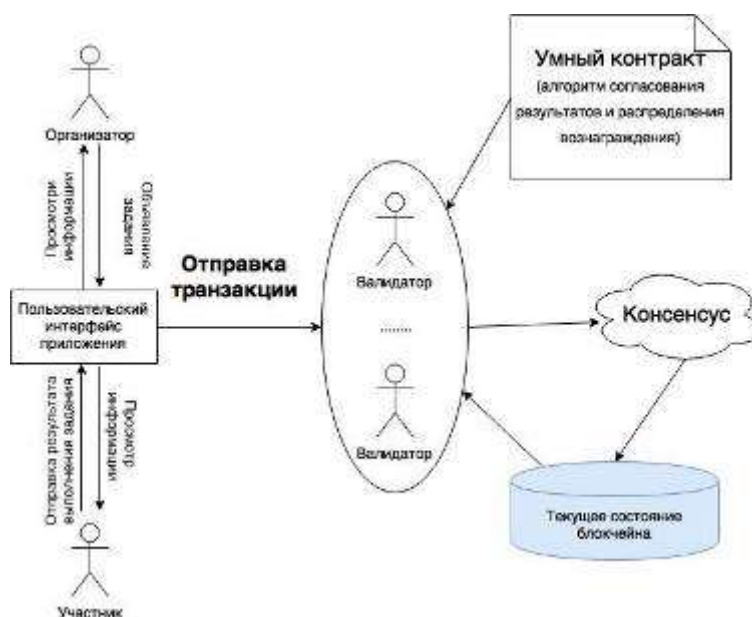


Рис. 1. Архитектура системы

Для всех алгоритмов управления качеством, выделенных на этапе анализа требований, построены шаблоны умных контрактов на языке Go.

Итак, одна из важных проблема текущих платформ крауд-вычислений состоит в том, что существуют сценарии, при которых участники платформы могут не доверять системе. Платформа может легко предоставить подделанные результаты для своей выгоды. Для решения данной проблемы было предложено использовать технологию умного контракта. Дальнейшие планы связаны с настройкой приложения на платформе Hyperledger (назначение валидаторов, настройка выдача сертификатов для возможности использования приложения пользователей, выбор алгоритма консенсуса сети), определение сложности умного контракта (возможно придется перейти на гибридную схему, когда часть считается в сети блокчейна, а часто за ее пределами).

Список литературы

1. Голикова О.М., Шаптефрац А.В. Краудсорсинг и краудфандинг как способы решения бизнес задач // ИТ-портал, 2017. №2 (14). [электронный ресурс] URL: <http://itportal.ru/science/economy/kraudsorsing-i-kraudfanding-kak-spo/> (дата обращения 9.03.2018)
2. Моисеев С.П. Практики краудсорсинга в прикладных социальных исследованиях [электронный ресурс] URL: <https://www.hse.ru/edu/vkr/125114246> (дата обращения 9.03.2018)
3. Тестова А. Распределенные реестры и информационная безопасность: от чего защищает блокчейн [электронный ресурс] URL: <https://habrahabr.ru/company/bitfury/blog/341902/> (дата обращения 9.03.2018)
4. Арянова Т. Proof-of-Work vs. Proof-of-Stake: Как изменится Ethereum [электронный ресурс] URL: <https://ru.insider.pro/tutorials/2017-07-14/proof-work-vs-proof-stake-kak-izmenitsya-ethereum/> (дата обращения 11.03.2018)
5. Корнилов А. Биржам пришлось остановить вывод Ethereum из-за перегруженности сеть [электронный ресурс] URL: <https://bloomchain.ru/birzham-prishlos-ostanovit-vyvod-ethereum-iz-za-peregruzhennosti-seti/> (дата обращения 11.03.2018)

НЕТРИВИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М.С. СЛАБЧЕНКО., М.Д. МАРКИН, О.А. ЛЕНЕЦ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье идёт речь о нейронных сетях, принципе их работы и примеры необычных изобретений на основе нейронных сетей.

Ключевые слова: *нейронная сеть, искусственный интеллект, ИИ, neural network, нейросеть, deep learning.*

Нейронные сети — одно из направлений в разработке систем искусственного интеллекта. Идея заключается в том, чтобы максимально близко смоделировать работу человеческой нервной системы — а именно, её способности к обучению и исправлению ошибок. В этом состоит главная особенность любой нейронной сети — она способна самостоятельно обучаться и действовать на основании предыдущего опыта, с каждым разом делая всё меньше ошибок. В этой статье мы рассмотрим несколько примеров, выделяющихся на фоне других за счёт оригинальной задумки.

Pix2code. В 2017 году команда разработчиков, называющая себя FloydHub, опубликовала на GitHub алгоритм pix2code, которая генерирует готовый код на основе изображения пользовательского интерфейса. Спустя год на основе работы алгоритма была создана одноименная нейросеть для верстки страниц, которую может запустить любой желающий.

Работа алгоритма делится на три этапа:

1. Нейронной сети передаётся картинка-исходник в формате JPEG
2. Алгоритм конвертирует элементы в HTML- и CSS-код
3. На выходе получается свёрстанная версия

Чтобы получился такой результат, разработчики «скармливали» алгоритму скриншоты и присваивали определённые HTML-теги, в итоге получился набор данных, с помощью которого можно генерировать шаблонные сайты.

Text2video. Разработчики из Америки создали нейронную сеть, генерирующую видеоряд по короткому поступающему на вход сообщению, например, «игра в гольф на траве». Длина видео — 32 кадра (около 1 секунды), разрешение — 64×64 пикселя. Генерация происходит в два этапа. На первой стадии нейросеть улавливает суть текста и переводит его в мутное изображение с пятном в том месте, где должно происходить основное действие. Следующий шаг — генерация самого действия. Интересно также то, что нейросеть не ограничивается законами физического мира и может генерировать абсурдные видео вроде «игра в водное поло в открытом космосе».

Fur Real. Исследователи из Калифорнийского университета создали нейросеть, предназначенную для реалистичной отрисовки шерсти животных. Новый алгоритм обучился учитывать прозрачность меха, что сделало конечный результат более качественным за счёт реалистичных бликов и света.

Методы рендеринга, которыми пользуются на сегодняшний день, обрабатывают волосы людей и животных по единому алгоритму, что приводит к нереалистичному виду персонажей-животных в играх и кино. Старый алгоритм не учитывает, что шерсть, в отличие от волос, отражает свет под другим углом из-за более объемной медуллы — центральной части волосяного стержня. Для рендеринга шерсти лучше подходит метод подповерхностного рассеивания. Он просчитывает, под каким углом должен отразиться свет, проникший в полупрозрачные тела. Руководитель исследования Рави Рамаморти объявил, что алгоритм работает в 10 раз быстрее, чем используемые в студиях методы. В будущем исследователи хотят добиться обработки в реальном времени, чтобы алгоритм мог использоваться в компьютерных играх.

Исследовательская часть.

Попробуем создать нейронную сеть с помощью программного кода в Matlab. Прежде всего необходимо выбрать тип нейронной сети. Мы будем использовать тип «Нелинейная вход-выход», не использующий обратные связи.

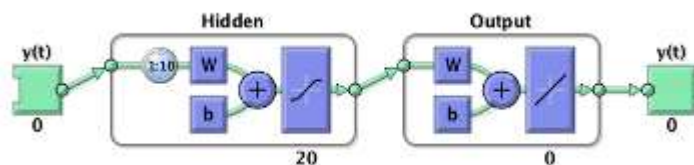


Рис. 1. Модель сети «Нелинейная вход-выход»

Для генерации используется следующая функция:

```
narnet(feedbackDelays,hiddenSizes,trainFcn)
```

, где:

- feedbackDelays – вектор обратных задержек (По умолчанию = 1:2)
- hiddenSizes - Количество скрытых нейронов (По умолчанию = 10)
- trainFcn — Метод обучения (По умолчанию = 'trainlm')

Выбор данных для обучения, и их подготовка. Для подготовки данных воспользуемся функцией PREPARETS, которая подготавливает временные ряды для части сети, изменяя время до минимума, чтобы “чувствовать” входные данные и внутренние переменные.

Синтаксис команды:

```
[Xs,Xi,Ai,Ts,EWs,shift] = preparets(net,Xnf,Tnf,Tf,EW)
```

, где:

- Net — Нейронная сеть
- Xnf — Не возвращаемые входные данные
- Tnf — Не возвращаемые выходные данные
- Tf — Выходные данные
- EW — Вес ошибок (По умолчанию = {1})
- Xs — Перемещенные входы
- Xi — Изначальные состояния входных задержек
- Ai — Изначальные состояния скрытых нейронов
- Ts — Перемещенные выходы
- EWs — Перемещенные веса ошибок

Также, перед применением preparets воспользуемся функцией tonndata, которая конвертирует данные в стандартный тип для нейронных сетей.

Синтаксис команды:

```
[y,wasMatrix] = tonndata(x,columnSamples,cellTime)
```

, где:

- x — Матрица или ячейка – массив матриц
- columnSamples — True если исходные данные представлены в виде колонок, false если в виде строк
- cellTime — True если исходные данные представлены колонками ячеек матрицы, false если в виде матрицы
- y — Исходные данные, конвертированные в стандартный вид
- wasMatrix — True если исходные данные представлены в виде матриц

Выбор назначения данных. В этой части рассматривается выбор процентного соотношения данных: Тренировка, Проверка, Тестирование. Для этого воспользуемся следующими командами:

```
net.divideParam.trainRatio = 85/100; %Тренировка  
net.divideParam.valRatio = 15/100; %Проверка  
net.divideParam.testRatio = 5/100; %Тестирование
```

Обучение нейросети

Операция обучения кодом выглядит так:

```
[net,tr] = train(net,inputs,targets,inputStates,layerStates);
```

При помощи следующих команд можно получить различные графики, характеризующие процесс и качество обучения сети:

```
outputs = net(inputs,inputStates,layerStates)  
errors = gsubtract(targets,outputs);  
performance = perform(net,targets,outputs)
```

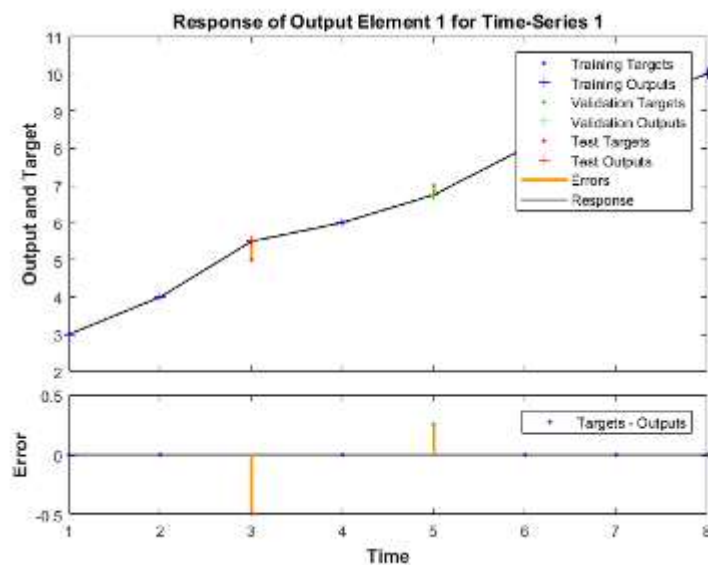


Рис. 2. Выходные данные

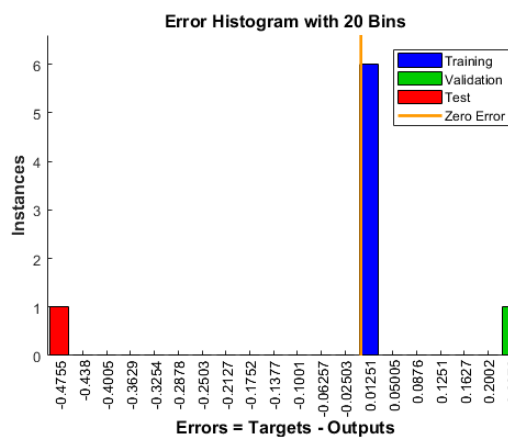


Рис. 3. Гистограмма ошибок

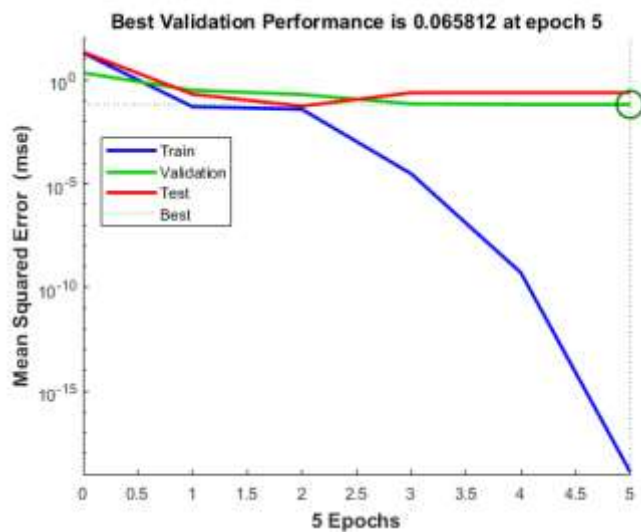


Рис.4. График производительности

Получение нейронной сети. Для работы с обученной сетью необходимо выполнить экспорт полученной нейросети.

Для получения Simulink модели после всех операций над нейронной сетью с использованием кода, необходимо вызвать функцию:

```
gensim(net,time)
```

, где time – время дискретизации, а net – нейронная сеть.

Вывод. Разработчики по всему миру используют нейросети в своих проектах и нет никаких предпосылок к прекращению этой тенденции, поэтому можно с уверенностью сказать, что нейросети и ИИ, в дальнейшем станут еще популярнее и появятся на свет куда более интересные проекты. В данной статье мы также создали простейшую нейронную сеть в MatLab и показали её работоспособность на графиках.

Список литературы

1. Turning Design Mockups into Code with Deep Learning // floydhub.com [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.floydhub.com/Turning-design-mockups-into-code-with-deep-learning/> (Дата обращения: 09.03.2018)
2. New algorithm can create movies from just a few snippets of text // sciencemag.org [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencemag.org/news/2018/02/new-algorithm-can-create-movies-just-few-snippets-text> (Дата обращения: 09.03.2018)
3. Нейронные сети в MatLab // digiratory.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://digiratory.ru/508> (Дата обращения: 09.03.2018)
4. Fur Real - Scientists Improve Computer Rendering of Animal Fur // jacobsschool.ucsd.edu [Электронный ресурс]. URL: http://jacobsschool.ucsd.edu/news/news_releases/release.sfe?id=2480 (Дата обращения: 09.03.2018)

ТРАНСЛЯЦИЯ БД С MYSQL В MONGODB

Е.В. СТАНЕВИЧ, Д.А. БЕЗДЕНЕЖНЫХ, Л.М. ВЕРЕТЕННИКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы автоматизации миграции баз данных с MySQL в MongoDB. Приведены сравнение особенностей SQL и NoSQL баз данных и их влияние на процесс миграции. Авторы демонстрируют процесс разработки программы, выполняющей трансляцию структуры и содержимого базы данных.

Ключевые слова: базы данных, SQL, NoSQL

Для многих информационных систем необходимо надежное хранение информации с возможностью обновления и поиска. Эту задачу решают базы данных. Популярны реляционные базы данных, использующие язык SQL, – MySQL, PostgreSQL, SQLite и т.д.; в то же время набирают популярность нереляционные базы данных, такие как MongoDB, HBase, CouchDB, Cassandra, которые используют альтернативные подходы управления данными. Такие базы данных получили название NoSQL.

Реляционные БД используются для хранения структурированных данных, которые организованы как набор таблиц со столбцами и строками. В таблицах хранится информация об объектах реального мира. SQL-базы отвечают требованиям ACID (atomicity – атомарность, consistency – согласованность, isolation – изолированность, durability – устойчивость), которые предназначены для обеспечения надежной и предсказуемой работы. Таким образом, приоритетной является целостность данных.

Нереляционные БД, напротив, не имеют явной структуры. Они могут представлять данные различными способами, которые в разной степени могут подходить под поставленные разработчиком задачи. NoSQL-базы нацелены на скорость доступа и масштабируемость и используются при необходимости работы с большими объемами неструктурированной информации, а также использования распределенных вычислений. Кроме того, нереляционные базы данных требуют меньшего объема подготовительных действий, чем реляционные, тем самым ускоряя разработку.

Таким образом, переход от SQL к NoSQL целесообразен, когда необходимо обеспечить масштабируемость БД, а также когда контроль целостности данных становится менее важен, чем скорость обработки данных. Примером такого перехода является проект СМЭВ (Система межведомственного электронного взаимодействия), предназначенный для обмена данными в электронном виде между органами власти, банками и пр. участниками проекта. Система обладала плохой масштабируемостью: так, в начале 2011 года было зарегистрировано более 4 тысяч сервисов, а во втором квартале 2013 года – более 10 тысяч, в час пик число запросов в секунду могло вырасти до 1375. Процесс обработки данных был реализован с использованием SQL, система могла обрабатывать примерно 220 тысяч сообщений в час, в то время как поступало несколько миллионов сообщений в день [1]. Таким образом, нагрузка на систему была близка к предельной, что подтолкнуло разработчиков к пересмотру архитектуры и переходу на NoSQL, что привело к ускорению обработки в десятки раз (примерно 20 млн записей в час).

Рассмотрим процесс разработки приложения на языке программирования Java, транслирующего базу данных с MySQL в MongoDB. Это приложение должно подключаться к базе данных под управлением MySQL, получать информацию о таблицах, их содержимом и связями между таблицами, а затем на основе этой информации создавать и заполнять коллекции в базе данных под управлением MongoDB.

Приложение должно получить список названий таблиц базы данных. После этого для каждой таблицы определяется информация о ее полях: заголовки столбцов, типы данных и ограничения (NOT NULL, UNIQUE, PRIMARY KEY). На основании этой информации генерируются шаблоны команд MongoDB для создания коллекции и переноса данных. Затем из каждой таблицы извлекается ее содержимое, данные каждой строки поочередно помещаются в шаблон, который после этого становится полноценной командой MongoDB, которая выполняется; таким образом осуществляется перенос данных.

Типы данных учитываются при формировании шаблона команды для корректной записи значения поля. На основании типа в шаблон вписываются данные: например, если данные целочисленного типа, то значение пишется числом, если данные строкового типа – строкой, ограниченной кавычками.

Ограничения UNIQUE и PRIMARY KEY приводят к созданию индекса со свойством unique. При этом первичный ключ переносится как составной индекс, а уникальные поля переносятся как отдельные простые индексы.

Ограничение NOT NULL не реализуется в MongoDB.

Важным моментом является перенос информации о связях между таблицами. В MySQL связи реализуются посредством внешних ключей, в MongoDB – посредством ссылок. Поэтому необходимо получить информацию о ключах, и при заполнении коллекции вместо содержимого поля подставлять ссылку на требуемый элемент из другой

коллекции. При этом важно определить порядок переноса таблиц: первой должна быть перенесена таблица, на которую ссылаются другие.

Определение порядка заполнения таблиц можно реализовать следующим образом. Создадим ассоциативный массив с именем таблицы в качестве ключа и списком таблиц, на столбцы которых ссылаются ее внешние ключи, в качестве значения. Также создадим еще один ассоциативный массив, в котором ключом также будет имя таблицы, а значением – булева переменная, хранящая информацию о том, был ли осуществлен перенос таблицы. Используя первый массив, найдем таблицу, для которой список связанных таблиц пуст либо содержит только перенесенные таблицы. Произведем перенос найденной таблицы, отметим ее во втором массиве. Данная процедура повторяется до тех пор, пока во втором массиве все значения не станут истинными, то есть пока не будут перенесены все таблицы.

В результате был разработан прототип приложения, транслирующего базу данных с MySQL в MongoDB посредством выполнения вышеописанных действий.

Список литературы

1. Переход из SQL на NoSQL: опыт проекта СМЭВ 2.0. [Электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/company/at_consulting/blog/267979/ (дата обращения: 03.03.2018)
2. The MongoDB 3.6 Manual [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.mongodb.com/manual/> (дата обращения: 03.03.2018)
3. MySQL 5.7 Reference Manual [Электронный ресурс]. URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/> (дата обращения: 03.03.2018)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО-ЯЗЫКОВЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ К БАЗАМ ДАННЫХ

М. А. СТЕЛЬМАХ, А. Ю. КУНАЦ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация: в работе рассмотрены и проанализированы различные системы естественно-языковых интерфейсов, начиная с систем сопоставления с паттерном, систем, основанных на синтаксической, семантической грамматике, и заканчивая системой промежуточного представления.

Ключевые слова: информационные системы, системы естественно-языковых интерфейсов, синтаксис, семантика, базы данных

Бурное развитие технологий способствует тому, что всё большее количество людей становятся пользователями различных информационных систем. Но информационные системы, в свою очередь, становятся сложнее: применяются новые архитектурные подходы, используются новые технологии и языки программирования. Часто возникает проблема, что информация в системе есть, но пользовательского интерфейса к ней нет. Поэтому разработка универсального пользовательского интерфейса к базе данных (БД) на естественном языке является актуальной и перспективной задачей.

В данной работе рассмотрены и проанализированы различные системы естественно-языковых интерфейсов, начиная с систем сопоставления с паттерном, систем, основанных на синтаксической, семантической грамматике, и заканчивая системой промежуточного представления, на которой и будет сконцентрировано основное внимание. Данная система

является гибридной и наиболее перспективной, так как решает проблемы, с которыми не справились системы, появившиеся ранее.

Главной проблемой систем, основанных на синтаксисе и семантике является то, что после построения дерева разбора (строится на основе синтаксических правил и словарей), сложно разработать правила преобразования дерева в выражение на языке запросов к БД для более широких областей знаний.

Для решения этой проблемы была предложена система на основе промежуточных языков представления. Её идея заключается в том, чтобы сначала перевести выражение на естественном языке в логический язык запросов, который не зависит от структуры БД, а затем на язык запросов к БД [1].

Роль элемента промежуточного представления состоит в предоставлении структурированной информации о входящем вопросе для дальнейшего процесса поиска ответа в БД [2].

Также преимуществом системы является то, что лингвистическая составляющая (часть системы, которая создаёт логические запросы) не зависит от СУБД. Таким образом, система может быть портирована в различные СУБД (а также в экспертные и операционные системы), путём переписывания модуля генератора запросов к БД [3].

Таким образом, данное исследование позволяет понять принцип работы различных системы и использовать это для построения естественно-языковых интерфейсов к БД. Рассматриваемая тема находит широкое применение в вопросно-ответной системе.

Список литературы

1. Чандра Б. [Chandra Y.] Natural Language Interfaces to Databases. – Denton: University of North Texas, 2006. – 62 с.
2. Нгуыен Д. К. [Nguyen D. Q.], Пхам С. Б. [Pham S. B.] Ripple Down Rules for Question Answering. – Amsterdam: IOS Press, 2015. – 17 с.
3. Андруцополос И. [Androutsopoulos I.], Ритчие Г. Д. [Ritchie G.D.], Тханисч П. [Thanisch P.] Natural Language Interfaces to Databases – An Introduction. – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – 43 с.

ПОТОКОБЕЗОПАСНЫЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ С ОСЛАБЛЕННОЙ СЕМАНТИКОЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

А. В. ТАБАКОВ, Л. М. ВЕРЕТЕННИКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Структуры с ослабленной семантикой выполнения операций представляют большой интерес в области многопоточных программ. Существующие на данный момент потокобезопасные структуры данных (на базе блокировок или без использования блокировок) имеют узкие места, так как всем потокам приходится вынужденно ожидать своей очереди обращения к данным. Потокобезопасные структуры с ослабленной семантикой доступа позволяют обращаться с данными без их блокировки, жертвуя точностью, но выигрывая в производительности.

Ключевые слова: структура данных, ослабленная семантика доступа, потокобезопасные структуры

Многоядерные вычислительные системы сейчас представляют особенный интерес, так как разработчики процессоров стали уделять большее внимание количеству физических и логических ядер, нежели частоте одно ядра. Таким образом возникает проблема одновременного (параллельного) доступа к общим данным.

Традиционные структуры данных: массивы, списки, деревья и другие, не приспособлены для работы в многопоточной системе. Для работы с общей структурой в разных потоках возникает необходимость в синхронизации доступа к данным, с использованием блокировок, что является серьёзной проблемой при распараллеливании программ, как с точки зрения времени выполнения, так и с точки зрения консистентности данных. Синхронизация доступа, к данным структуры, необходима, так как разные потоки могут одновременно обращаться к одной и той же структуре и соответственно изменять либо читать данные из неё. Параллельное выполнение этих операций невозможно, из-за возникающей гонки данных (data race), когда операция со структурой начинается до того, как данные были записаны или изменены.

Структуры с ослабленной семантикой доступа решают поставленную проблему следующим образом: создаётся количество структур большее или равное количеству потоков, при изменении или чтении данных выбирается случайный поток, который в данный момент не выполняет действий со структурами (не заблокирован), и выполняет действие.

В статье [1], предлагается улучшение структуры SkipList [2] (описание данной структуры выходит за рамки данной статьи), под названием SprayList [1]. В отличие от SkipList'a, SprayList предполагает не линейный поиск сверху вниз и из начала в конец, переходя по одной ссылке связанного списка, а изначальное перемещение случайным образом по вертикальным уровням и далее уже поиск элемента списка со случайным смещением по горизонтальному уровню. Если поиск не дал результатов или элемент оказался заблокированным другим потоком, алгоритм начинается с начала. После нахождения нужного элемента операции со списком выполняются также, как и в SkipList.

В работе [3] был разработан алгоритм операции удаления элемента с минимальным ключом из очереди с приоритетами и выдачи его в качестве результата функции. Суть данного подхода в том, что на каждый поток необходимо иметь больше чем одну очередь. Операция вставка элемента осуществляется в случайную незаблокированную очередь. Операция удаление элемента с минимальным ключом осуществляется следующим образом: выбираются две случайные очереди, у них находятся элементы с минимальными ключами и сравниваются между собой, после нахождения минимального, этот элемент удаляется из очереди с наименьшим из найденных ключом. Как можно было заметить этот элемент не всегда будет минимальным из вставленных, однако принимается, что он довольно близок к минимальному и данной погрешностью можно пренебречь.

В статье [4] была разработана k-LSM (Log-Structured Merge tree) структура, входящая в подкласс структур с ослабленной семантикой выполнения операций. В качестве базовой структуры в [4] используется LSM дерево. Оно представляет собой указатели на сортированные массивы, называемые блоками, где каждый блок находится на определённом уровне L дерева и может содержать N элементов ($2^{L-1} < N \leq 2^L$). Структура k-LSM состоит из двух других: общей k-LSM и распределённой LSM очередей с приоритетом. Общая k-LSM очередь представляет собой массив указателей на очереди с приоритетами, сортированные по уровню. Все потоки могут обращаться к данной структуре по единому указателю. У общей k-LSM структуры существует два узких места: а) операция вставки элемента, однако обычно используется массовая вставка, таким образом сокращается количество обращений к данной структуре, но возрастает средний размер блока и уменьшается количество операций слияния, б) операция удаления минимального элемента, также вызывает блокировку, однако в данной статье предполагается, использование ослабленной семантики доступа, таким образом из общей

k-LSM структуры удаляется не элемент с самым минимальным ключом, а минимальный из $k+1$ случайно выбранных ключей. Распределённая LSM разрабатывалась на основе идеи work-stealing [5], каждый поток имеет собственную очередь приоритетов и работает исключительно с ней, но, если очередь пуста, а требуется операция отличительная от операции вставки, начинается попытка доступа к чужим очередям с приоритетами и, если они не заблокированы, выполняется операция с ними. Таким образом, объединив общую k-LSM и распределённую LSM структуры, была получена k-LSM структура. При операции вставки, поток сохраняет элемент в собственной распределённой LSM структуре, если размер данной структуры превышает заданный, то данная распределённая LSM осуществляет слияние с общей k-LSM структурой. При операции удаления используется поиск наименьшего ключа в собственной и общей LSM структурах и оба элемента удаляются, если данные структуры пусты, то осуществляется поиск среди структур у других потоков.

Список литературы

1. Д. Алистер [D. Alistarh], Дж. Копински [J. Kopinsky], Дж. Ли [J. Li], Н. Шэвит [N. Shavit] The SprayList: A Scalable Relaxed Priority Queue [Электронный ресурс] //URL: <http://www.mit.edu/~jerryzli/SprayList-CR.pdf>
2. В. Пуг [W. Pugh] Skip Lists: A Probabilistic Alternative to Balanced Trees [Электронный ресурс] //URL: <http://epaperpress.com/sortsearch/download/skiplist.pdf>
3. Х. Рихани [H. Rihani], П. Сандерс [P. Sanders], Р. Дементьев [R. Dementiev] MultiQueues: Simpler, Faster, and Better Relaxed Concurrent Priority Queues [Электронный ресурс] //URL: <https://arxiv.org/pdf/1411.1209.pdf>
4. М. Виммер [M. Wimmer], Дж. Грабер [J. Gruber], Дж. Л. Траф [J. L. Traf], Ф. Тсигас [P. Tsigas] The Lock-free k-LSM Relaxed Priority Queue [Электронный ресурс] //URL: <https://arxiv.org/pdf/1411.1209.pdf>
5. Р. Блюмо [R. Blumofe], Ч. Лейзерсон [C. Leiserson] Scheduling Multithreaded Computations by Work Stealing [Электронный ресурс] //URL: <http://supertech.csail.mit.edu/papers/steal.pdf>

УПРАВЛЕНИЕ ВОСПРИЯТИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОГО ФУТБОЛА

А. В. ТАБАКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассматривается проблема управления восприятием интеллектуального агента, функционирующего в открытой динамической многоагентной среде, и подход к ее решению в рамках концепции опережающего итеративного планирования. Представлен конкретный пример алгоритма управления восприятием агента-футболиста, функционирующего в среде виртуального футбола.

Ключевые слова: интеллектуальные агенты, многоагентные системы, управление восприятием

Интеллектуальные агенты (ИА) – быстроразвивающийся класс систем искусственного интеллекта (ИИ), характеризующихся способностью к автономному целенаправленному поведению в открытых динамических многоагентных средах [1].

Подсистема восприятия (ПВсп) ИА состоит из множества сенсоров, посредством которых агент получает информацию о состоянии внешней среды и, в некоторых случаях, о состоянии своих внутренних ресурсов. Конкретный состав и характеристики сенсоров ИА определяются конкретным типом агента и его целевым назначением. Одной из важных особенностей ПВсп ИА является ограниченные возможности восприятия, т.е. невозможность получения в каждом сенсорном такте исчерпывающе полной и точной информации о состоянии внешней среды. Это обуславливает необходимость для агента управлять соб-

ственной ПВсп (множеством сенсоров) в интересах наиболее эффективной организации восприятия.

В [1-3] предложена концепция и разработана формальная модель опережающего итеративного планирования (ОИП) как основа построения ИА реального времени, функционирующих в открытых динамических многоагентных средах.

В соответствии с ОИП в каждом сенсорном такте (интервале обновления сенсорной информации) ПВсп ИА должна обеспечивать агента информацией для решения двух задач: а) реализации текущего действия и б) оценки и прогнозирования ситуации в интересах планирования (выбора) следующего действия.

Для успешного завершения текущего действия агенту необходимо иметь актуальную информацию только об объектах внешнего мира, способных повлиять на исход данного действия. Такие объекты могут быть статическими (состояние которых можно считать неизменным на интервале реализации текущего действия), динамическими нецеленаправленными (меняющими состояние под действием известных физических сил) и целенаправленными (агентами).

Оценка и прогнозирование ситуации в интересах планирования следующего действия предполагает учет более широкого контекста, т.е. сбора информации о всех объектах, потенциально способных повлиять на выбор следующего действия.

В данном докладе проблема управления восприятием рассматривается на примере агента-футболиста, функционирующего в многоагентной среде виртуального футбола. Визуальный сенсор такого агента имеет 6 режимов работы, отличающихся шириной взгляда (3 значения) и качеством (точностью) получаемой информации (2 значения). Кроме того, агент может в каждом такте произвольно менять направление взгляда (в пределах заданных ограничений на угол поворота головы относительно направления тела).

Алгоритмы управления восприятием определяются ситуационным контекстом, текущей ролью агента и в общем случае варьируются в широких пределах. Например, для агента, пробросившего себе мяч на ход, текущим действием является «догнать мяч». Агент должен сделать это за заданное время (число тактов) и при этом быть первым на мяче. Для реализации этого действия необходимо отслеживать движение мяча (подверженное возмущениям), а также поведение других агентов, потенциально способных добежать до мяча первыми.

Вместе с тем, для выбора следующего действия агенту необходима информация обо всех агентах своей и противостоящей команды, способных влиять на любой из возможных вариантов очередного действия агента. Множество таких вариантов, в свою очередь, определяется текущим ситуационным контекстом. Для случая ведения мяча в центре поля обобщенный алгоритм управления восприятием включает следующие шаги:

1. Расчёт числа N тактов моделирования до момента окончания текущего действия.
2. Расчёт числа сенсорных тактов за N тактов моделирования при номинальном режиме восприятия.
3. Расчёт максимально возможного угла обзора (с учетом ограничений $-120^\circ \div 120^\circ$ относительно положения тела) и количества тактов T на получение всех сенсорных сообщений от сервера в данном максимальном угле обзора при нормальном режиме восприятия.
4. Расчёт числа K тактов, в которых мяч не попадает в видимую область агента.
5. Оценка числа M тактов, в которых мяч может не попадать в видимую агентом область при гарантии его достижения за заданное число тактов (на основе данных, полученных в пп. 3 и 4).

6. Получение сенсорной информации в соответствии с углами обзора, рассчитанными в п. 3 и скорректированными в п. 5; вычисление количества тактов для оценки принятой информации.

7. Оценка сенсорной информации, полученной в п. 6, запись углов обзора с оценкой полезности выше заданного значения; вычисление числа оставшихся тактов моделирования до достижения агентом мяча.

8. Переключение сенсорного режима в узкий угол обзора с высоким качеством принимаемой информации с использованием только «полезных» углов обзора, относительно положения тела, полученных в ходе оценки на шаге 7.

В настоящее время ведется работа по программной реализации и экспериментальному исследованию разработанных алгоритмов. Вместе с тем, важным направлением дальнейших исследований является разработка алгоритмов управления восприятием для других ролей (партнеров владеющего мячом игрока, игроков противостоящей команды на разных позициях) и более широкого класса ситуаций.

Список литературы

1. Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В. Интеллектуальные агенты и многоагентные системы. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015, 216 с.
2. Пантелеев М.Г. Формальная модель опережающего итеративного планирования действий интеллектуальных агентов реального времени // Труды 14-й нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014. – Казань: Физматлит, 2014. Т. 1. С. 323–334.
3. Пантелеев М.Г. Концепция построения интеллектуальных агентов реального времени на основе модели опережающего итеративного планирования// Труды 13-ой нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. Т 3. С. 25–33.

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Т.И. ЛАПИНА, ХАСАН ЯЗИД АБДУЛХАМИД АБДУЛА

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»

Аннотация. Система адаптивного управления процессом резания должна обладать высокой точностью информации о зоне резания и состоянии инструмента, в реальном времени отслеживать степень износа. Система должна работать стабильно, а также с низкой вероятностью ложной оценки состояния режущего инструмента и сбоев в системе автоматизированного контроля процесса обработки детали. Реализация данной системы должна быть таковой, чтоб ее можно было применить без особых конструктивных изменений приво-дов станка и технологической обрабатывающей системы.

Ключевые слова: Система адаптивного управления, процесс резания, система контроля, датчики резания, обработки деталей.

В современном приборостроении значительное внимание уделяют проблеме управления процессом резания производящихся деталей. От успешного решения этой проблемы, зависит много факторов в экономической и технологической жизни приборостроительных предприятий.

Доля отказов режущего инструмента, зависимо от условий эксплуатации, может доходить до 63% от общего числа нарушений работоспособности станков с числовым программным управлением (ЧПУ). А потери времени на выявление и ликвидацию отказов режущего инструмента составляет в среднем 10% общего времени работы станков.

При обработке детали резанием на инструмент воздействуют факторы различной природы: механическая нагрузка, электрические токи, вибрации, химические воздействия, упругие деформации ТООС, наростообразование. Все это приводит к интенсивному износу конструктивных элементов резца и, даже, к его поломке. Что ведет к снижению точности, качества, продуктивности или к появлению брака, что несет за собой экономические убытки и большую себестоимость обрабатываемых деталей [2].

Следовательно, для улучшения параметров качества, точности, себестоимости обрабатываемых деталей стоит использовать систему адаптивного управления режущим инструментом, непосредственно в процессе обработки, что даст возможность выявлять момент предшествующий поломке инструмента, для своевременной его замены.

Согласно проведенным исследованиям, наиболее подходящим по информационным параметрам, на основе которых можно судить о состоянии обрабатывающего инструмента, есть сила резания.

Причиной резкого возрастания силы резания может быть предельный износ инструмента, наличие твердых включений в заготовке, или внезапное увеличение глубины резания при черновой обработке. Все эти негативные воздействия с легкостью определяются и последствия их предотвращаются данной подсистемой, которая анализирует силу резания.

Переменные составляющие сигналов несут полную информацию о процессах, которые происходят в зоне резания.

Для предотвращения внезапных поломок инструмента, а также для стабилизации его износа была разработана система адаптивного управления

Структурная схема системы контроля приведена на рис.1.

Система построена по иерархическому принципу. На нижнем уровне датчики резания (ДР), осуществляют первичную обработку данных, контроллер сбора данных выполняет интеграцию данных, полученных от ДР. Все датчиком объединяются в единую подсистему с помощью одной из промышленных сетей (например, Modbus) [1], физический уровень которой реализован на основе интерфейса RS-485. На следующем уровне обмен данными между контроллерами сбора данных и сервером происходит по сети Industrial Ethernet («промышленный Ethernet»). В случае, когда расположение контролируемого объекта не позволяет использовать проводное подключение к серверу, возможно использование беспроводных сетей (WLAN). При значительном удалении выходом является организация доступа через сеть Интернет (например, по каналам сотовой связи) с использованием технологии VPN.

Работа подсистемы сбора данных происходит следующим образом. Контроллеры сбора данных производят циклический (возможен и выборочный) опрос датчиков параметров резания и осуществляют на основе полученных данных расчет контролируемых параметров. По результатам сравнения вычисленного значения и допустимого (безопасного) интервала отклонения контроллер принимает решение о немедленной передаче данных в подсистему анализа, сохранение информации о событии в локальной памяти, а также о задействовании средств индикации опасного состояния, подключенных непосредственно к контроллеру (при их наличии). Это позволяет снизить объем сетевого трафика, вычислительную нагрузку на компоненты более высокого уровня, а также возможность автономной работы.

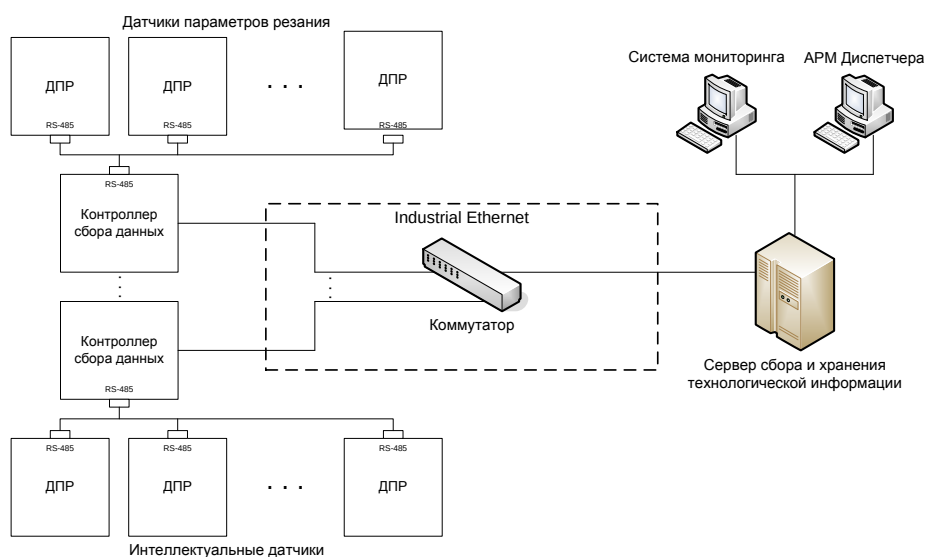


Рис.1. Структурно-функциональная схема системы контроля

Изменения также передаются в центральную базу данных, где они обновляют параметры, связанные с текущим состоянием инструмента резания.

С помощью системы сбора информации с контролируемых узлов деталей решаются задачи: разработка средств измерения и построение подсистемы учета данных.

Решение задач классификации полученных данных и контроля точности изготовления может решаться на основе классификации сигналов измерений параметров резания.

Так, традиционный путь классификации сигналов в условиях неопределенности их структуры основан на обработке распределений сигналов и выявлении информативно-значимых признаков, не всегда применимых в динамически изменяющихся условиях поступления данных при существенных разбросах скоростей поступления данных, сложном и неопределенном формате данных и наличии динамически меняющихся параметров. Кроме того при классификации сигналов в реальном масштабе времени требуется обработка поступающих данных по ограниченному количеству отсчетов, что приводит к необходимости анализа выборочных распределений вместо современных потоковых алгоритмов.

В общем случае система точности работает следующим образом:

Датчики параметров резания воспринимают изменение измеряемых параметров (температуры, размера, силы резания) в виде $\{x_1(t), \dots, x_n(t)\}$. Рассчитываются параметры текущие параметры $\{u_1, \dots, u_n\}$ и передают результаты в контроллеры сбора данных. Контроллеры пересчитывают полученные данные в величины контролируемых показателей состояния $\{s_1(t), \dots, s_n(t)\}$, сравнивает с предельными допустимыми $\{w_1, \dots, w_n\}$ и передают данную информацию далее на сервер.

Пользовательский интерфейс клиентского ПО, установленного на рабочих местах дает возможность управлять контролем параметров резания, позволяет в режиме реально-го времени контролировать показатели резания и состояние технологического оборудования.

Список литературы

1.Лапина Т.И Анализ и прогнозирование случайных процессов на основе метода нормирования данных [Текст]/ Т.И.Лапина,// Информационно- измерительные и управляющие системы.№10, т. 6, 2008. С. 76-81.

2. Лапина Т.И Информационный подход к построению моделей объектов в системах мониторинга [Текст] / Т.И.Лапина, // Информационно- измерительные и управляющие системы. №7, т. 8, 2010. С. 39-42.
3. Лапина Т.И., Губенков В.В. Методы и средства построения информационно-измерительных систем контроля безопасности техногенных объектов/ В сборнике: Ин-теллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы Матери-алы докладов III региональной заочной научно-практической конференции «ИИС-2015». Юго-Западный государствен ный университет. 2015. –С. 73-77.
4. Лапина Т.И., Петрик Е.А. Система контроля состояния конструкций потенциал-но-опасных объектов/Информационно-измерительные и управляющие системы. 2014. Т. 12. № 5. – С. 35-41.
5. Сажин Ю. В. Статистические методы анализа и контроля качества продук-ции:Монография/ Ю. В. Са-жин, В. А. Басова, Г. В. Егорова /Под общ. ред. Ю.В. Сажина. – Тольятти, ТГИС, 2003. – 246 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАКЛЮЧЕНИЯ ДОГОВОРОВ С ПОМОЩЬЮ СМАРТ-КОНТРАКТОВ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СЕТИ BLOCKCHAIN

В.Д. ЦВЕТКОВ, О.А ЛЕНЕЦ, М.С. СЛАБЧЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье описан принцип работы смарт-контракта в сети блокчейн. Рассмотрены сферы применения, а также плюсы и минусы использования.

Ключевые слова: блокчейн, смарт-контракт, криптовалюта, договора.

Давайте представим, сколько всего должен сделать человек, чтоб заключить контракт между двумя сторонами. Юрист или нотариус должен составить договор, обе стороны должны согласовать условия, государство же должно предоставить правовую основу и вмешаться в случае споров, а для того, чтобы стороны получили доступ к своим финансам, нужно задействовать еще неизвестное количество финансовых учреждений. Таким образом, в деле участвует много посредников, и в случае конфликта ситуация еще больше усложнится. Кроме того, к сожалению, даже участие всех этих дополнительных игроков не гарантирует безопасности или особого удобства. Может быть принято несправедливое судебное решение, денежные переводы от одного посредника к другому отнимают лишнее время, и всегда существует риск, что одна из сторон исчезнет, не заплатив или не предоставив обещанные товары.

Сейчас сделку можно заключить без посредников с помощью смарт-контрактов, основанных на технологии блокчейн. Смарт-контракт - это компьютерный алгоритм в технологии блокчейн, который предназначен для заключения и поддержания коммерческих контрактов, не прибегая к услугам посредников. Кроме того, в отличие от традиционных соглашений, смарт-контракты содержат не только информацию об обязательстве сторон и штрафах за их нарушение, но и автоматически обеспечивает выполнение условий договора.

Разберемся, как работает технология блокчейн. Если сказать наиболее упрощенно, то блокчейн—это децентрализованная система, существующая благодаря множеству объединенных в сеть компьютеров. Представим, что кто-то хочет осуществить транзакцию. После того, как пользователь осуществил ряд операций на своем компьютере или смартфоне, эта транзакция пересылается как раз в ту самую состоящую из компьютеров сеть равноправных узлов, которые называются нодами. Сеть нод подтверждает транзакцию и статус пользователя, используя определенные алгоритмы.

Такая подтвержденная транзакция необязательно должна представлять собой перевод средств в криптовалюте, это может быть также контракт, какие-то данные и любая другая информация. После подтверждения транзакция объединяется с другими такими транзакциями, формируя новый блок цифрового реестра—тех самых, из-за увеличения которых постоянно спорят представители крипто-сообщества. Затем в блокчейн добавляется новый блок. Его место в цепочке уникально и изменить его тоже нельзя. Таким образом происходит процесс совершения транзакции в блокчейне. Что можно сказать о месте криптовалюты в блокчейне? Криптовалюта—это цифровые деньги, которые создаются и хранятся электронным образом в блокчейне. Для создания денежных единиц и подтверждения переводов в криптовалюте используется метод шифрования.

1. Как работает смарт-контракт?

Виталик Бутерин объясняет работу умных контрактов следующим образом. Сначала актив или валюта переводятся в программу. После этого она начинает следить за выполнением контракта. В определенный момент эта программа подтверждает выполнение условия контракта и автоматически определяет, должен ли указанный актив перейти к одному из участников сделки или немедленно вернуться к другому участнику (а может быть, условия несколько сложнее). Все это время документ хранится и дублируется в децентрализованном реестре, что обеспечивает его надежность и не позволяет ни одной из сторон менять условия соглашения.



Рис. 1. Принцип работы смарт-контракта

2. Где можно использовать смарт - контракты?

К наиболее перспективным сферам применения смарт-контрактов многие эксперты относят финансовый рынок (банковские услуги, страхование, торговлю деривативами), бухгалтерский учет и аудит, управление цепями поставок и логистику, регистрацию прав собственности, всевозможные голосования, умный транспорт, цифровую идентификацию личности и т. д.

3. Преимущества использования смарт-контрактов

Если рассматривать смарт-контракты при использовании в разных сферах жизнедеятельности, то можно выделить ряд важных преимуществ. Среди плюсов:

- независимость — больше не нужно прибегать к услугам посредников для заключения сделок;
- безопасность — смарт-контракт находится в распределенном реестре, его условия нельзя изменить;

- экономия — избавляясь от посредников, стороны умного контракта могут сотрудничать на более выгодных условиях;
- отсутствие издержек — в случае выполнения условий контракты, стороны сразу обмениваются активами.

4. Недостатки использования смарт-контрактов

Умные контракты нельзя назвать идеальным инструментом для построения взаимоотношений между людьми. У них тоже есть несколько недостатков. Среди минусов:

- правовой статус — для работы умных контрактов, используется криптовалюта, а ее пока не принимают в качестве официального финансового инструмента;
- ошибки — для составления умного контракта нужно прописывать всевозможные условия и варианты развития сделок, чем сложнее процесс, тем труднее создать смарт-контракт;
- отсутствие понимания — большинство пользователей пока слабо понимают, что собой представляют смарт-контракты.

Несмотря на вышеперечисленные недостатки, умные контракты имеют высокий потенциал закрепиться в нашей жизни в будущем. Они станут все чаще использоваться по мере того, как вещи будут подключаться к интернету

5. Анализ востребованности смарт-контрактов в различных сферах и перспективы развития данной технологии.

Смарт-контракты демонстрируют новый этап развития автоматизации договорных отношений. Последние несколько лет интерес к умным контрактам со стороны крупных компаний постоянно растет. Для анализа были выбраны финансовая и логистическая сферы.

Проанализировав финансовый сектор, можно сделать вывод, что он является одним из самых перспективных и заинтересованных в смарт-контрактах сфер деятельности, а также самым платежеспособным источником спроса на данную технологию. Многие бизнес-процессы в отрасли до сих пор сопровождаются бумажной документацией, которая усложняет и замедляет ведение бизнеса, и составляет значительную долю выручки посредников. Внедрение смарт-контрактов может значительно упростить эти процессы, поэтому крупнейшие игроки сами начали разработки в этой области. Крупным компаниям, которые заключают миллионы сделок, внедрение смарт контрактов позволит сохранить значительную часть бюджета, тем самым улучшить финансовое положение организации и увеличить потенциальные возможности для заработка.

Сорок пять крупных финансовых организаций, уже ведет разработки в области применения блокчейна в финансовой отрасли. Более 15 банков-участников разработали прототипы умных контрактов для проведения операций факторинга, предоставив участникам возможность видеть данные по сделкам в режиме реального времени. Параллельно банки ведут и свои внутренние разработки:

- Barclays использует смарт-контракты для автоматизации платежа и смены прав на владение при проведении сделки
- HSBC и Bank of America заменили умными контрактами аккредитивы (письменная гарантия от банка плательщика банку получателя).

Проведя анализ логистической сферы, с уверенностью можно сказать, что умные контракты позволят покупателю и продавцу проводить сделку с наименьшими затратами сил и нервов и быть уверенными в её успешном проведении. Рассмотрим пример умного кон-

тракта. Предположим, стороны договорились, что при поступлении товара, меченного RFID-меткой, в определенное место другая сторона осуществляет его оплату посредством криптовалюты. Соответствующие отношения были оформлены в виде "умного" контракта на основе Blockchain. После того как система получает данные от RFID-метки о поступлении товара в обозначенное место, она автоматически списывает соответствующие средства со счета другой стороны. Никакой дополнительной авторизации или подтверждения со стороны получателя товара не требуется - все условия были заданы изначально сторонами, и сам компьютер контролирует их выполнение. Данный пример демонстрирует нам преимущество и необходимость внедрения данной технологии в логистическую сферу. Внедрение смарт-контрактов позволит продавцу быть уверенным, что покупатель со 100% процентной гарантией оплатит полученный товар, ведь при заключении умного договора, произойдет проверка наличия достаточного количества средств на оплату заказанного товара и их замораживание на момент проведения сделки, при этом не потребуются заключать обычный договор. Покупатель же, в свою очередь, ничем не рискует, так как перевод средств на счет продавца произойдет только в том случае, если товар прибывает в место назначения.

Смарт-контракты предусмотрены на многих платформах, которые работают по принципу Блокчейна. На графике ниже можно увидеть процентное соотношение использования определенной блокчейн-технологии для заключения умных контрактов.

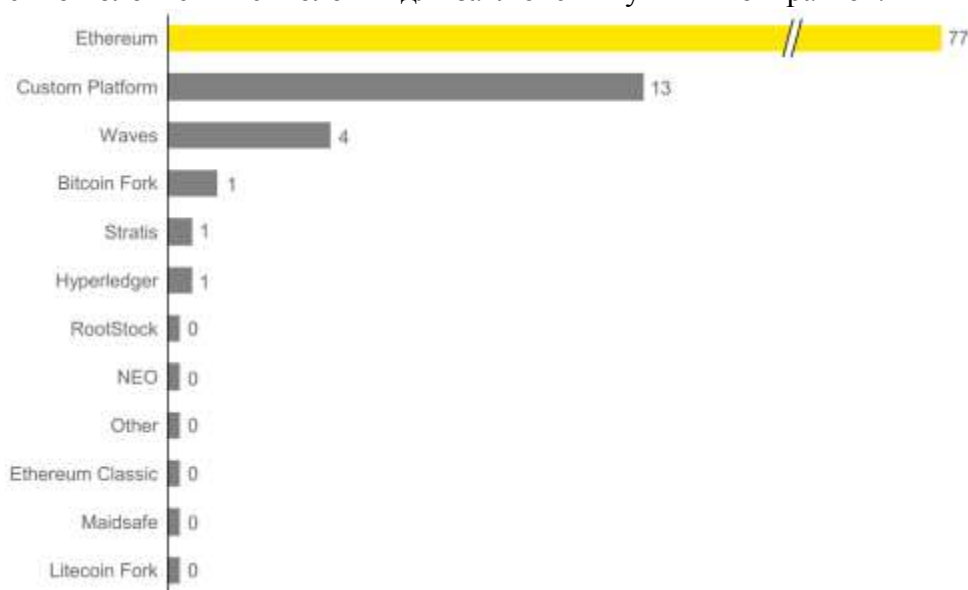


Рис. 2. Распределение долей блокчейн-платформ

Учитывая темп развития информационных технологий видно, что время традиционных договоров подходит к концу. Когда смарт-контракты станут общепринятой практикой, бизнес и предприятия от этого только выиграют. Не стоит исключать и того, что их повсеместное внедрение может породить совершенно новые бизнес-модели и изменит мир. Технология блокчейн может стать новой основой для регистрации всех транзакций, что в свою очередь породит новую экономическую модель с минимальной стоимостью процедуры сделки. Предприятия и организации смогут высвободить ресурсы для других, более важных задач.

Список литературы

1. Акст Р, «Что такое смарт-контракт или Ethereum за час».
2. Михеев А., Генкин А, «Блокчейн: Как это работает и что ждет нас завтра».

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

ЧАН ТХАНЬ ДАТ

Вьетнамский государственный технический университет имени Ле Куй Дона

Аннотация: исходным для рассмотрения служит множество вариантов оборудования. Целью оптимизации является выделение из этого множества единственного варианта оборудования, оптимальной по некоторому критерию. Целью данной работы является создание математического и программного обеспечения для оптимального решения задачи применения новых технологий с учетом производственно-технологических и экономических критериев и ограничений.

Ключевые слова: технологический процесс, технологическая операция, оборудование, критерий качества, база данных, динамическое программирование.

Задача

Технологический процесс (ТП) производства радиоаппаратуры состоит из последовательности операций, совершающих механические, физические и другие преобразования полуфабрикатов изделий согласно комплексу заданных выходных параметров готового изделия.

Допустим, ТП состоит из последовательности m операций. Каждая технологическая установка, которая использована для реализации i -ой операции, имеет свои технико-экономические параметры $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in} (i = \overline{1, m})$ где n – количество параметров в унифицированной модели оценки качества выбора оборудования.

Применение метода динамического программирования для решения задачи оптимальности

Обозначим целевую функцию (функцию качества) i -ой операции $f(x_i, z_i)$, $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$ – векторный параметр оборудования i -ой операции, z_i – выбор оборудования i -ой операции. Эта функция зависит от выбора оборудования i -ой операции и параметров этого оборудования: коэффициента выхода годных изделий с операций, коэффициента использования, производительности, мощности, стоимости, занимаемой площади оборудования, количества персонала и т.д. Каждый параметр может быть принят в качестве и критериев оптимальности (критериев качества) и ограничения. Функция качества $f(x_i, z_i)$ рассчитана программным комплексом. Для каждой i -ой операции ($i = \overline{1, m}$) необходимо найти такой состав оборудования, чтобы обеспечить либо минимум либо максимум значения аддитивной функции качества по всем операциям ТП. Функция качества ТП можно записать как:

$$F = \max \left\{ \sum_{i=1}^m f(x_i, z_i) \right\} \quad \text{или} \\ F = \min \left\{ \sum_{i=1}^m f(x_i, z_i) \right\}$$

В задачах оптимизации на технико-экономические параметры $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in} (i = \overline{1, n})$ могут накладываться ограничения. Их значения выбраны из области $D: \underline{x}_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\} \in D, (D = D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n)$. Область D зависит от технико-экономических требований и формируется совокупностью ограничений типа равенств $x_i = x_{i0}$, неравенств $x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}$, функциональной связи $(g(x_i) \leq 0)$.

Обозначим через $\overline{F}_{m-k}(\underline{x}_k)$ оптимальное значение функции качества ТП, получаемое при выборе оборудования для операций от k -ой по m -ой (конечной). Тогда

$$\overline{F}_{m-k}(\underline{x}_k) = \max \{ f(\underline{x}_k, z_k) + \overline{F}_{m-(k+1)}(\underline{x}_{k+1}) \}, k = \overline{0, m-1} \text{ или}$$

$$\overline{F}_{m-k}(\underline{x}_k) = \min \{ f(\underline{x}_k, z_k) + \overline{F}_{m-(k+1)}(\underline{x}_{k+1}) \}, k = \overline{0, m-1}$$

Для осуществления оптимизации методом динамического программирования необходимо, чтобы выполнялся принцип оптимальности, то есть оптимальное значение функции качества ТП $\overline{F}_{m-k}(\underline{x}_k)$ должно определяться только оптимальным значением $\overline{F}_{m-(k+1)}(\underline{x}_{k+1})$ (предыдущий шаг) и функцией качества k -ой операции $f(\underline{x}_k, z_k)$.

Полагая $k = m-1$ получаем следующее функциональное уравнение:

$$\overline{F}_1(\underline{x}_{m-1}) = \max \{ f(\underline{x}_{m-1}, z_{m-1}) + \overline{F}_0(\underline{x}_m) \} \quad (1)$$

В этом уравнении $\overline{F}_0(\underline{x}_m)$ будем считать известным ($\overline{F}_0(\underline{x}_m) = f(\underline{x}_m, z_m)$ рассчитывается оптимальным выбором оборудования m -ой (конечной) операции).

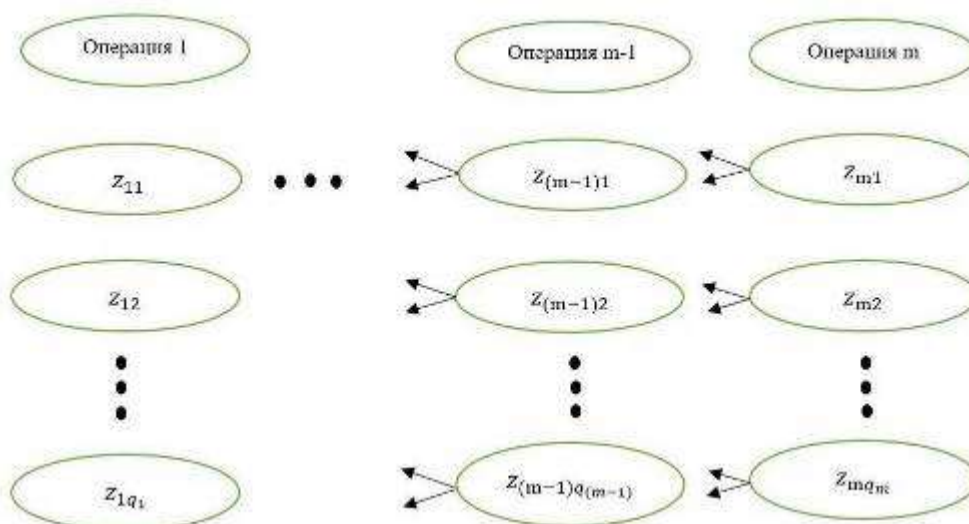


Рис. 1. Схема вариантов ТП

Используя уравнение (1) и рассматривая всевозможные допустимые оборудования $(m-1)$ -ой операции $\overline{x}_{m-1}, \overline{x}_{m-2}, \dots$ находим оптимальный выбор $\overline{z}_{m-1}$ (оборудование с оптимальным параметром $\overline{x}_{m-1onm}$). Последовательно осуществляя этот процесс, дойдем, наконец, до первой операции.

Таким образом, в результате последовательного прохождения всех шагов от конца к началу определяем оптимальные выборы оборудования для ТП.

Математическая модель (ММ) задачи можно представить в виде схемы (Рис.1).

Алгоритм оптимизации можно представить в виде блок-схемы (Рис. 2), которая включает следующие процедуры подготовки ММ, оптимизации и вывода результатов. Подготовка ММ состоит из шагов конфигурации, структурирования и ввода данных. При конфигурировании настраивается экспертная система для расчета функций качества и ограничений. Структурирование заключается в формировании стратегии и параметров распределения ресурсов при оптимизации. Ввод данных конкретизирует параметры и состав выбираемого оборудования.



Рис. 2. Блок-схема процесса выбора оптимального состава оборудования

Структура программного комплекса оптимального выбора оборудования

Для решения поставленной задачи разработан программный комплекс оптимального выбора оборудования, структура которого представлен на Рис. 3. Программный комплекс подключен к базам данных оборудования и ТП, которые управляются системой управления базами данных MySQL. Включение в состав программного комплекса базы данных расширяет его функциональные возможности, позволяя накапливать данные о существующем технологическом оборудовании, хранить типовые модели задачи оптимизации, создавать базу знаний решаемой задачи. Настройка программного обеспечения и управление алгоритмом оптимизации требует простого и понятного доступа к данным и функциям управления.

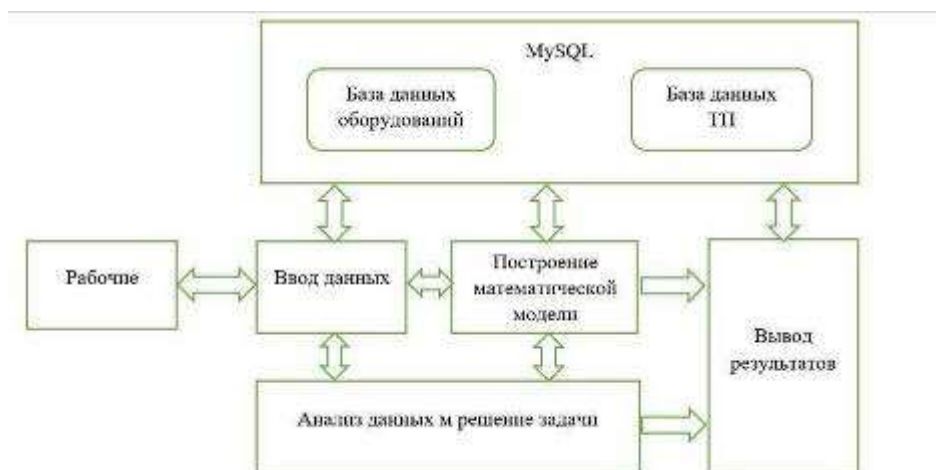


Рис. 3. Структура программного комплекса оптимального выбора оборудования

Заключение

Задача оптимального выбора оборудования ТП решена методом динамического программирования. Основная трудность решения задачи заключается не в реализации самого алгоритма, а в сведении задачи оптимизации к задаче динамического программирования. Если, например, модель системы не соответствует некоторому многошаговому процессу, то необходимо преобразовать ее к такому виду.

Список литературы

1. Дембицкий Н.Л., Луценко А.В., Фам Вьет Ань. Оптимизация выбора оборудования для производства бортовых радиотехнических комплексов. «Труды МАИ». Выпуск № 81.
2. Бушминский И. П., Даутов О. Ш. Техология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры. – Москва «Радио и связь» 1989.

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Н.Н. ШВАРОВ¹, Я. ХАСАН¹, Ш.С. ФАХМИ^{1,2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

²Институт проблем транспорта РАН им. Н.С. Соломенко
ЗАО «НИИ телевидения»

Аннотация. Рассмотрены решения задач локализации и структуризации объектов изображений. Предложен алгоритм анализа космических снимков для выделения областей пожаров. Исследованы алгоритмы анализа изображений на основе методов сегментации. Разработано и протестировано приложение для автоматизированного обнаружения пожаров на изображении.

Ключевые слова: лесные пожары, мониторинг, дистанционное зондирование земли, обнаружение, сегментация.

Введение

В настоящее время данные (в том числе видеоданные) дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) стали широко использовать для решения задач прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. К задачам

такого класса относится и рассматриваемая в докладе задача мониторинга и обнаружения лесных пожаров. [1]

Под лесными пожарами понимается стихийное, неконтролируемое распространение огня по лесным площадям. Несвоевременная локализация лесных пожаров приводит к гибели населения, животных, серьезным нарушениям экосистем и существенным экономическим потерям. Актуальность проблемы мониторинга лесопожарной обстановки подтверждается широким использованием космических средств контроля наряду с наземными и авиационными службами наблюдения. [2]

Одной из важнейших проблем мониторинга при обработке снимков ДЗЗ является решение задачи анализа и локализации лесных пожаров на ранних стадиях возникновения.

Можно выделить следующие задачи мониторинга пожаров и их последствий:

- детектирование пожаров, определение мест загорания;
- мониторинг и контроль развития пожаров;
- оценка пожарной опасности в пределах сезона;
- прогнозирование рисков возникновения пожаров в долгосрочной перспективе;
- оценка последствий пожаров. Совмещение снимков до и после пожаров дает возможность выявить гари, определить их площади на текущее время и оценить нанесенный ущерб.

Целью исследования являлась разработка приложения для обнаружения и передачи параметров и информации об уровне сложности лесных пожаров.

Для этого предлагается решение следующих основных задач, которые должны обеспечить достижение цели:

1. Разработка метода и алгоритмов анализа космических снимков и выделения областей пожаров.
2. Структурирование областей пожаров на изображении для определения параметров лесных пожаров по космическим снимкам, таких как площадь, уровень пожара, прогнозируемые риски.

Описание метода структуризации видеоинформации

На практике наиболее распространенным представлением цвета, используемым в цифровых камерах для создания цифрового изображения и в компьютерах для отображения данных, является RGB модель, где каждый пиксель описывается тройкой компонентов RGB (Red, Green, Blue – Красный, Зеленый, Синий). Эти компоненты представляют красную, зеленую и синюю составляющие каждого пикселя. Смешивая эти цвета можно получить дополнительные. [3]

Согласно стандарту RGB для кодирования цвета каждого пикселя отводится 3 байта (24 бита) – в первый байт записывается интенсивность красного, во второй байт интенсивность зеленого, в третий байт – интенсивность синего цвета. Т.к. в один байт можно записать любое значение от 0 до 255 (т.е. одно из 256 значений), то каждый базовый цвет может иметь 256 градаций интенсивности. Соответственно, в рамках RGB-стандарта возможно $256 \cdot 256 \cdot 256 = 16777216$ различных значений оттенков. Это перекрывает возможности любого человеческого глаза.

Одной из основных задач ДЗЗ при анализе объектов на изображениях является сегментация, т.е. разделение изображения на области, представляющие интерес для исследования (пожар) и фон изображения (незначимые объекты). Понятие области

изображения используется для определения связной группы элементов изображения, имеющих определенный общий признак (свойство).

Рассмотрим наиболее распространенный метод сегментации разделением по порогу (thresholding). Разделение по порогу предусматривает сопоставление значения яркости каждого пикселя с пороговым значением, в конечном счете, каждый пиксель зачисляется в одну из двух групп в зависимости от того, превышает значение яркости пороговое значение или нет. Данный метод может содержать несколько порогов для выделения на изображении всех интересующих областей

Метод решения задачи автоматического выделения областей пожаров заключается в правильном выборе пороговых значений для обнаружения областей горения на изображениях при тематической обработке в различных природных условиях. А также необходимо выполнить обработку исходных визуальных данных с учетом технических факторов съемочной аппаратуры (тип съемочной аппаратуры; метод управления процессом съемки; ориентация оси съемочной аппаратуры и пр.), получаемых на предварительном этапе съёмки.

Локализация пожара осуществляется с помощью гистограммы яркостей красной составляющей цвета пикселя путём формирования двух порогов по этой составляющей (рис. 1): минимальный, позволяющий определить максимально охваченную область пожаром; максимальный порог, позволяющий фиксировать центр пожара.



Рис. 1. Определение величин порогов с помощью гистограммы яркостей

Данный алгоритм основан на предположении, что пожаром является любой пиксель, у которого интенсивность красной составляющей цвета больше значений компонентов зеленой и синей.

Пиксели, которые образуют очаг пожара, имеют наибольшую интенсивность доминирующей красной составляющей цвета (значение этой интенсивности фиксируется максимальным порогом). Минимальным порогом соответственно считаем наименьшую интенсивность доминирующего красного цвета. Алгоритм обнаружения в процессе обработки космического снимка фиксирует эти два порога с возможностью управления выводом информации о начальных стадиях пожара параллельно с вычислением занимаемой площади для каждого уровня. При этом в программе предусмотрена дополнительная функция для определения статистических показателей характеристик локальных областей пожаров.

Результаты моделирования

В начале исследования была разработана функция, определяющая область на изображении относительно указанного пикселя, удовлетворяющую заданному порогу яркости в диапазоне красной составляющей (рис. 2).

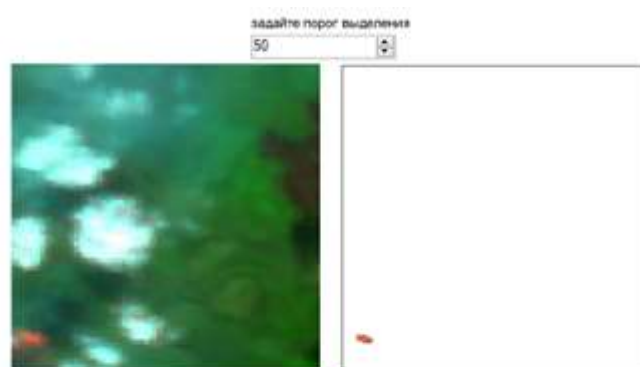


Рис. 2. Результат функции для заданного порога

В результате было разработано графическое приложение (рис. 3) на Windows Forms с помощью Visual C#, которое позволяет выполнить следующие функции:

- с помощью подсистемы автоматизированного определения очагов пожара (области красного, зеленого и синего цвета) на изображении, реализовать автоматический поиск пожаров, где пожаром является любая точка, в которой количество красной составляющей цвета в палитре доминирующее;
- обеспечение многоуровневой детализации вывода видеоинформации о пожарах в зависимости от заданного порога;
- относительная оценка площади и ущерба от лесных пожаров в зависимости от высоты и разрешения камеры.

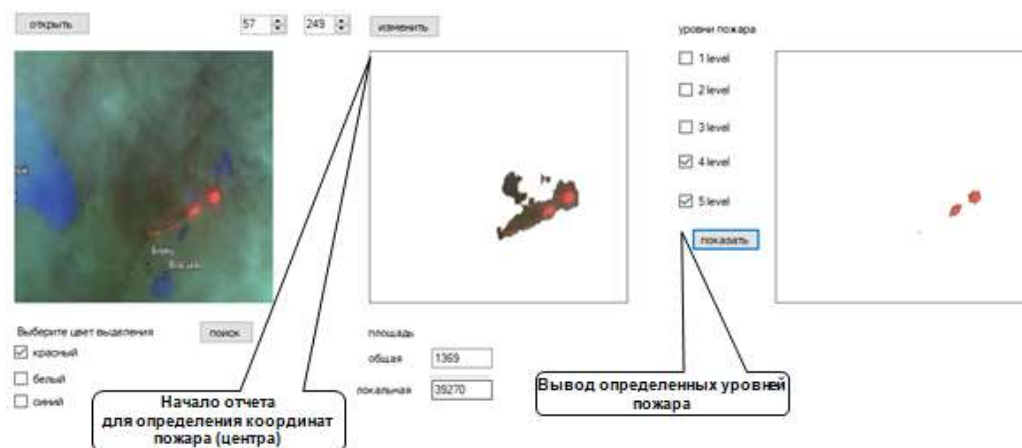


Рис. 3. Пример работы приложения

При реализации предложенных алгоритмов обработки космических снимков с целью обнаружения лесных пожаров так же были получены характеристики и необходимые данные (к примеру, координаты очагов относительно начала отчета снимка, количество пикселей (площадь пожара), коэффициент ущерба в зависимости от площади и т.д.). Все эти характеристики являются важной информацией для служб МЧС, которые при своевременной ликвидации пожара, снижают ущерб наносимый пожаром природе и человеку. В динамике важно так же предоставлять информацию о следах пожаров и возможном движении пожаров по данным о лесном покрове в области снимка, метеоданных (ветер, температура, осадки).

Важно отметить, что система «СКАНЭКС» осуществляет оперативный мониторинг пожаров с 2004 года. В качестве базовой компоненты сервиса используется технология, основанная на алгоритме автоматического детектирования пожаров по «тепловым» каналам спутниковой съемки. Данные с полярно-орбитальных метеорологических спутников Тетра, Aqua и NPP принимаются на собственную сеть станций в режиме реального времени. Все данные выкладываются на карту, что обеспечивает удобный просмотр и поиск информации и связанных тематических слоев. [4]

Заключение

В результате моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Точные характеристики пожара, являются важной информацией для служб МЧС, позволяющая при своевременной передаче снижать ущерб наносимый пожаром природе и человеку.
2. Расчёт рисков за счёт предоставления информации о следах пожаров и возможном направлении движения пожаров по данным ДЗЗ с учётом метеоданных (ветер, температура, осадки).
3. Разработанное приложение по спутниковому мониторингу лесных пожаров при обработке снимков ДЗЗ работает достаточно устойчиво и может практически не требовать контроля со стороны человека. Дальнейшее развитие, данное приложение может получить в области нахождения на снимках ближайших водоемов для каждого из очагов пожара.

Список литературы

1. Фахми, Ш. С. Видеосистемы на кристалле селекции объектов на примере обнаружения лесных пожаров/ Ш.С.Фахми, А. И. Бобровский, Я. В. Алексеенко, Е. П.Ермаков// Материалы 14-ой Международной научно-технической конференции «Телевидение: передача и обработка изображений». – СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 27 – 28 июня, 2017. - С. 106- 113.
2. Фахми Ш.С., Алексеенко Я.В. Использование геоинформационных систем космического мониторинга МЧС России в пожароопасный период. Тезисы докладов четвертой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования земли» – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. – 155-156 с.
3. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. с. 1104.
4. Геосервис по лесным пожарам «Космоснимки». // [Электронный ресурс]. URL: <http://fires.kosmosnimki.ru> .

СИСТЕМА БЕСКОНТАКТНОГО УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ВОЛОНТЕРАМИ

Н. Н. ШУВАЛОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Автоматизация процесса учета посещаемости мероприятий волонтерами за счет использования мобильного приложения и qr-кодов на бейджах волонтеров.

Ключевые слова: мобильное приложение, qr-код, личный кабинет.

Добавление автоматизации повышает общий уровень качества управления крупномасштабными мероприятиями. Это достигается благодаря в том числе следующему:

1. Уменьшение влияния человеческого фактора.
2. Повышение производительности труда.

Добровольческие организации ставят перед собой задачу учёта посещаемости волонтерами мероприятий. Куратор волонтеров на мероприятии запоминает своих подопечных или записывает их вручную.

Основной целью данного проекта является внедрение системы бесконтактного учёта посещаемости волонтерами мероприятий. Процедура учёта посещаемости во время мероприятия будет происходить при помощи мобильного приложения. Также при внедрении мобильного приложения может быть организована:

- Система регистрации волонтеров на мероприятия.
- Бальная система поощрения волонтеров за посещаемость.
- Система информирования волонтеров (в виде новостной ленты приложения).
- Система чёрного списка волонтеров.

В базе данных приложения хранятся уникальный идентификатор волонтера, логин/пароль от личного кабинета волонтера, посещаемость и прочие данные, которые потребуются добровольческой организации. Уникальный идентификатор автоматически генерируется и записывается в базу данных после регистрации пользователя в мобильном приложении. На крупных мероприятиях для идентификации организаторов мероприятий, в том числе волонтеров используются бейджи. На них будут печатать QR-код с идентификатором волонтера. После окончания смены волонтера его куратор при помощи мобильного приложения будет выбирать действующее мероприятие из списка приложения и сканировать qr-код на бейдже волонтера (данная функция доступна только кураторам волонтеров в личном кабинете приложения). После чего форма будет отправлена в базу данных. При этом каждому волонтеру за посещение мероприятия могут начисляться баллы, которые он сможет обменять на призы предложенные организаторами в мобильном приложении. Контролировать свои балы волонтер сможет через приложение. Благодаря следующим достоинствам это приложение будет полезно волонтеру:

1. Просмотр доступных для участия мероприятий на карте и в новостной ленте приложения.
2. Поиск по мероприятиям.
3. Личный кабинет волонтера, из которого доступны другие функции:
 - а. Регистрация на мероприятия.
 - б. Просмотр личной посещаемости мероприятий.
 - с. Оповещения за день о мероприятии, в котором пользователь зарегистрировался.
 - д. Добавлять понравившиеся мероприятия в закладки.
 - е. Расписание мероприятий, в которых пользователь зарегистрирован.
4. Задать вопрос администрации приложения.

Прототипирование осуществлялось в системе *atomic.io*. Реализуется система при помощи платформы разработки мобильных приложений - *Apache Cordova*. Эта платформа отлично зарекомендовала себя в разработке гибридных и кроссплатформенных мобильных приложений и достаточно легко решает весь поставленный функционал. *Cordova* позволяет использовать *CSS3*, *HTML5*, *JavaScript* и *PHP*.

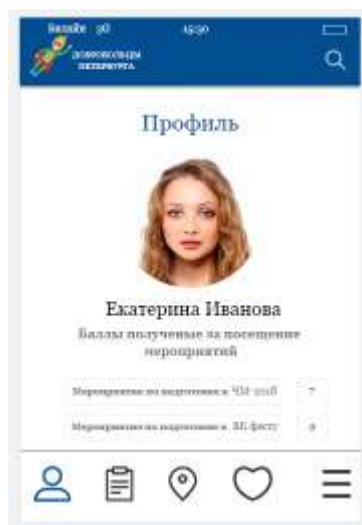


Рис. 1. Главная страница личного кабинета в приложении

На рисунке 1 отображена идея зачисления баллов в личном кабинете волонтера. Каждое посещенное мероприятие можно будет ранжировать в зависимости от масштаба и уровня ответственности, возложенного на волонтера, что позволит получить определенные баллы за мероприятия. Например, мероприятия по подготовке к чемпионату мира по футболу могут оцениваться наивысшим баллом за посещение.

Сортировать по индексу:

Пользователи	uid	login	password	VK	Geek Picnic	Apple day	Big festival
Иванов И.И.	73	viktor@yandex.ru	9091d663331	1	0	0	0
Иванов И.И.	74	anna@yandex.ru	548c381a6b0	0	0	0	0
Иванов И.И.	75	anna@yandex.ru	18cb62838af	1	0	0	0
Иванов И.И.	76	anna@yandex.ru	66220417718	1	1	0	0
Иванов И.И.	77	nastya.zemleva	dc94eff2556	0	1	0	0
Иванов И.И.	78	anna@yandex.ru	99469880067	0	1	0	0
Иванов И.И.	79	anna@yandex.ru	0a413218429	0	1	0	0
Иванов И.И.	80	anna@yandex.ru	0a6666625a8	1	0	0	0
Иванов И.И.	81	anna@yandex.ru	676d266d1c15	1	1	0	0
Иванов И.И.	82	anna@yandex.ru	0174d2c3052	1	0	0	0
Иванов И.И.	83	anna@yandex.ru	50ad7ca757d	1	1	0	0
Иванов И.И.	84	anna@yandex.ru	2f0c6b6626e	1	1	0	0

Рис. 2. Администрирование базы данных через *phpmyadmin*

На рисунке 2 отображена тестовая база данных через веб-приложение *phpmyadmin*. В базе данных столбец *uid* (user identifier) несет в себе уникальный идентификатор каждого нового пользователя в приложении. Если пользователь будет принимать участие в мероприятии, то на его бейдж будет напечатан QR-код с его уникальным *uid* из базы данных. Столбцы *login*/*password* для входа в приложение, а остальные столбцы - названия мероприятий. Цифра 1 в столбцах с названиями мероприятий указывает на то, что пользователь посетил данное мероприятие, а 0 указывает на отсутствие волонтера на мероприятии. Далее баллы суммируются по заданному признаку и отображаются на главной странице пользователя в личном кабинете (см. рис. 1).

Список литературы

1. Matt Zandstra. PHP: Objects, Patterns, and Practice. Apress. 2011.- P. 560

РАЗРАБОТКА ЛИЧНОГО КАБИНЕТА УЧЕТНОЙ ЗАПИСИ ВОЛОНТЕРА ДЛЯ ЧЕМПИОНАТА МИРА ПО ФУТБОЛУ FIFA 2018™

Шувалов Н.Н.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Аннотация. Упрощение процесса набора волонтеров на чемпионат мира по футболу за счет использования разработанных сервисов. Представленный в работе набор разработанных сервисов упрощает работу организаторов АНО “Добровольцы Петербурга” в наборе волонтеров.

Ключевые слова: личный кабинет, личные сообщения, волонтеры, профиль,

Введение. Чтобы стать волонтером на Чемпионате мира по футболу 2018™ (далее ЧМ) человеку нужно заполнить анкету в личном кабинете (далее ЛК), пройти интервью (рекрутинг), узнать результаты отбора, пройти обучение (общее, функциональное, тренинг на объекте), получить аккредитацию и экипировку. Отбор на Кубок Конфедерации FIFA 2017™ проводился через различные сервисы (например, google forms), что привело к разрозненной информации и неудобству использования. В связи с этим было принято решение о создании единой системы, которая бы позволила выполнить все задачи для отбора волонтеров.

Цель работы – обеспечить потенциальных волонтеров и работников организации АНО “Добровольцы Петербурга” единой системой, которая позволит решать следующие задачи:

1. Статус и идентификационный номер волонтера отображается в ЛК (например, заявка в резерве).
2. Проверка фотографии волонтера, которая должна соответствовать заданным требованиям (волонтеру в ЛК отображается статус его фотографии).
3. Регистрация на собеседование для рекрутинга на ЧМ через ЛК.
4. Личные сообщения. Их могу отправлять только администраторы.
5. Регистрация на мероприятия через ЛК, которые нужно пройти перед участием в ЧМ.
6. Редактирование некоторых данных (например, размер обуви) из анкеты волонтера.
7. Отображение таблицы в ЛК, которая включает в себя расписания волонтера на ЧМ.
8. Получение грамот через ЛК.
9. Структурированная база данных, в которой хранится вся информация об учетных записях волонтеров.

Базовые положения исследования. Для разработки данной системы создан отдельный вебсайт (HTML, CSS, JS) посвященный волонтерской деятельности на ЧМ. На этом сайте разработан ЛК при помощи объектно-ориентированного языка PHP и свободной реляционной СУБД mysql. Для более удобной разработки использовалась ORM (объектно-реляционное отображение) RedBeanPHP.

Проводились опросы среди волонтеров на тему: “Какие функции нужны волонтеру в личном кабинете для ЧМ.” Опираясь на результаты опроса было принято решение разработать сервис для дистанционного обучения для тех кто прошел отбор, а живет не в Санкт-Петербурге.

Результаты. На данный момент в личном кабинете зарегистрировано более трех тысяч человек (см. Рис. 1).

uid	email	appeal	lastname	name	middlename	decision
3495	momotova@ma	Г-жа	Момотова	Ирина	Александровна	Заявка на рассмотрении
3496	lapka-zverushka@ma	Г-жа	Стрельникова	Александра	Владимировна	Заявка на рассмотрении
3497	minyackova201	Г-жа	Минякова	Елена	Владимировна	Заявка на рассмотрении
3498	dryupina.arina.	Г-жа	Дрюпина	Арина	Олеговна	Заявка на рассмотрении
3499	Evakoroleva19	Г-жа	Климова	Ева	Сергеевна	Заявка на рассмотрении
3500	Taisiya_egorovi	Г-жа	Егорова	Таисия	Михайловна	Заявка на рассмотрении
3501	rodina59509@i	Г-жа	Родина	Арина	Сергеевна	Заявка на рассмотрении

Рис. 1. Выдержка последних зарегистрированных пользователей из базы данных

Из них более двух тысяч человек уже побывали на собеседовании по отбору к ЧМ. В ЛК разработаны следующие сервисы, которыми активно пользуются как потенциальные волонтеры, так и работники организации: личные сообщения, регистрация на собеседования и мероприятия по подготовке к ЧМ, заполнение и редактирование анкеты, проверка фотографии волонтера на заданные требования. 1 марта 2018 года закрывается регистрация в личный кабинет. После чего в ЛК постепенно будут появляться результаты собеседования по отбору к ЧМ. Для волонтеров, которые прошли отбор откроется закрытый раздел ЛК с доступом к разделу “Обучение”, “График смен” и “Грамоты”. Дизайн разработанных сервисов устанавливался только по брендбуку ЧМ. В марте-апреле 2018 года планируется добавление графиков смен волонтеров, дистанционного обучения и др.

Заключение. Использование данной системы показало, что намного удобнее хранить всю информацию по волонтерской деятельности в одном месте.

Список литературы

1. Matt Zandstra. PHP: Objects, Patterns, and Practice. Apress. 2011.- P. 560

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

И.А. ЯЦЕНКО

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Объектом исследования является устройство управления аналого-цифровым преобразователем. Цель работы связана с созданием устройства управления (УУ) на базе типового микроконтроллера, обеспечивающего управление процессами аналого-цифрового преобразования и передачу измерительной информации в персональный компьютер. Результаты работы представлены алгоритмом взаимодействия УУ с аналого-цифровым каналом и персональным компьютером, а также соответствующим программным обеспечением (ПО). Отладка ПО выполнялась с использованием программно-логической модели. Разработанное устройство управления предназначено для внедрения в фотометрический одноканальный роторный иммуноферментный анализатор.

Ключевые слова: аналого-цифровой преобразователь, устройство аналогового ввода, программное обеспечение, устройство управления, микроконтроллер.

Разрабатываемое устройство управления предназначено для внедрения в фотометрический одноканальный роторный иммуноферментный анализатор – прибор выполняющий измерение оптической плотности биопроб.

Обобщённая структурная схема, иллюстрирующая взаимосвязь разрабатываемого устройства управления со смежным оборудованием представлена на рисунке 1.

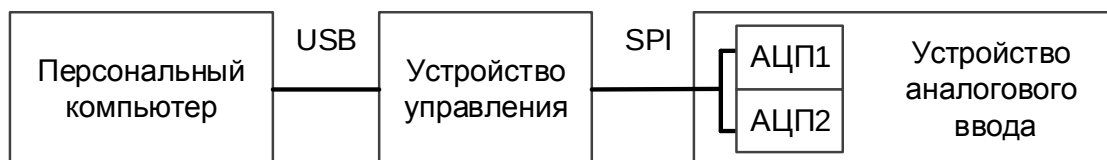


Рисунок 1 – Взаимосвязь устройства управления со смежным оборудованием

Устройство аналогового ввода (УАВ) осуществляет преобразование значений оптической плотности в напряжения по двум каналам, полученные аналоговые сигналы преобразуются в цифровой код аналогово-цифровыми преобразователями, которые передают эти данные в УУ.

УУ получает информацию от УАВ и формирует массив пар данных (от обоих каналов), а затем передает в ПК посредством интерфейса USB.

Сформированный массив данных по интерфейсу USB передается в ПК. По этому же каналу передаются и управляющие команды, а также запросы на предоставление служебной и отладочной информации (например, серийный номер прибора, время считывания, режим работы и т.д.).

Устройство аналогового ввода

УАВ одноканального фотометра представляет собой типовой элемент замены, соединяемый с другими блоками анализатора посредством разъемов. УАВ построено на основе двух микросхем ADS1246 [1], представляющих собой 24 разрядные одноходовые Δ - Σ АЦП, управляемые посредством интерфейса SPI. Максимальная скорость преобразования – 2000 отсчетов в секунду, потребляемая мощность 2.56 мВт. В преобразователе использован малошумящий усилитель с программируемым коэффициентом усиления (40 нВ при $G=128$), предусмотрен гибкий внешний интерфейс, подходящий для подключения различных источников аналогового сигнала. Преобразователи отличаются хорошей воспроизводимостью результатов измерений в диапазоне рабочих температур от -40 до $+125$ °C.

Устройство управления

В качестве базы для реализации устройства управления был выбран микроконтроллер семейства 8051 компании SiliconLabs C8051F320 [2]. Основание для выбора явились имеющиеся у этого микроконтроллера настраиваемые блоки для работы с интерфейсами USB и SPI. При этом отпадает необходимость ручной реализации протоколов интерфейсного обмена, и обеспечение связи сводится к настройке соответствующих управляющих регистров с последующим преобразованием передаваемой информации в установленный формат.

МК поддерживает функцию внутрисхемного программирования и отладки по единому интерфейсу C2-двухпроводному интерфейсу разработки Silicon Laboratories обеспечивающим полноценное управление кристаллом с использованием минимального количества выводов МК. Этот интерфейс поддержан недорогим внутрисхемным

программатором/эмулятором и бесплатной интегрированной средой разработки Simplicity Studio, что сделало возможным внутрисхемную отладку разрабатываемой программы.

Интерфейсы устройства управления

Для связи аналого-цифрового преобразователя с управляющим контроллером используется интерфейс SPI, поддерживаемый и ADS1246, и C8051F320. SPI – популярный интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами, относится к самым широко используемым интерфейсам для соединения микросхем.

Для связи управляющего контроллера с ПК выбран наиболее удобный и универсальный интерфейс USB. Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина) – последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к вычислительной технике. Интерфейс поддерживает режим пакетной передачи, который может использоваться для пересылки результатов измерений, представленных массивами 24-битных слов, в персональный компьютер [3].

Программное обеспечение устройства

Обобщенный алгоритм работы программы представлен на рисунке 2.

Программа начинает свою работу с последовательной инициализации и настройки всех необходимых структур.

После настройки необходимых сервисов программа проводит ряд проверочных действий, направленных на проверку работоспособности УАВ – контрольный сброс АЦП, проверка работы регистров, калибровку АЦП. Далее следует чтение результатов измерений, их упаковка (сохранение в памяти) и передача данных на ПК.

По завершении цикла измерений программа приостанавливает свою работу и переходит в неактивный режим, ожидая команды от ПК.

Основной рабочий цикл программы представлен на рисунке 3 и начинается с выставления режима работы двух АЦП как непрерывное считывание данных. Затем по очереди с каждого канала снимаются показания измерений и пакуются в переменную dataset. Сформированная таким образом ячейка массива, состоящая из двух элементов (ключевым является совпадение по времени снимаемых измерений) передается на временное хранение во FLASH память микроконтроллера.

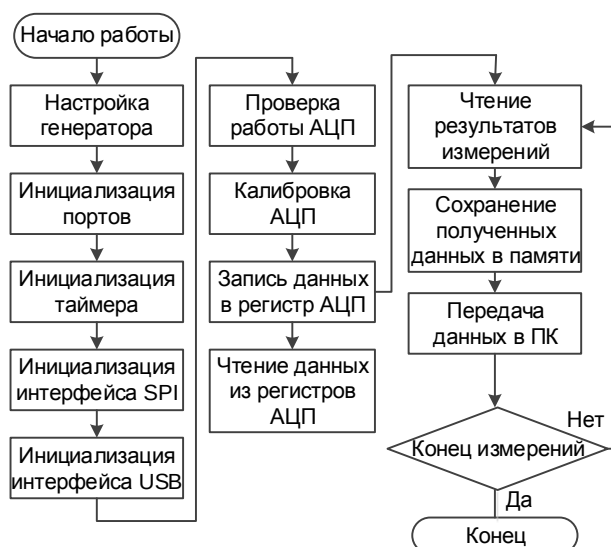


Рисунок 2 – Алгоритм работы программы

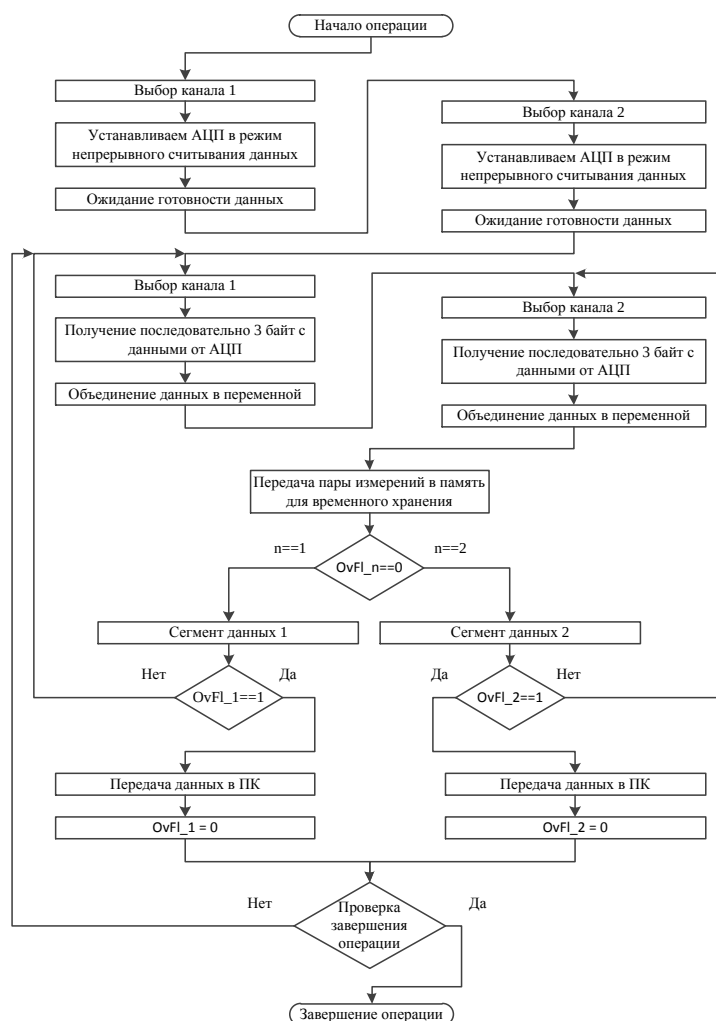


Рисунок 3 – Алгоритм работы с данными

Для ускорения передачи данных из контроллера на ПК память поделена на два равнозначных сегмента – таким образом сначала заполняется один сегмент, затем выставляется в единицу флаг переполнения и по технологии BULK данные передаются на ПК. В это время данными заполняется второй сегмент памяти, и процедура повторяется. Такой способ организации непрерывной передачи данных позволяет избежать временных потерь, неизбежных при передаче «по прерываниям» и удешевляет элементную базу за счет невысоких запросов по объему FLASH памяти микроконтроллера.

Программирование и отладка описанного узла осуществлялась с использованием последовательного адаптера, позволяющего посредством интерфейса JTAG, используя стандартный USB кабель для подключения к компьютеру, загружать и отлаживать программное обеспечение разрабатываемых аппаратных модулей. Отладка разрабатываемого программного обеспечения проводится в среде разработки Simplicity Studio 4.0.

Разработанное устройство управления внедряется в фотометрический одноканальный роторный иммуноферментный анализатор. Также оно является элементом базисного набора для создания микросистемных устройств, разрабатываемых в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 8.2080.2017/4.6.

Список литературы

1. ADS1246 (ACTIVE) Low Noise, Precision 24-Bit Analog to Digital Converter [Электронный ресурс] http://www.ti.com/product/ads1246&lpos=See_Also_Container&lid=Alternative_Devices
2. Курилин, А. Микроконтроллеры компании SiliconLabs с интерфейсом USB. [Электронные компоненты](#). 2007 № 5. с.79–84.
3. Агуров П.В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 576 с.

ИМИТАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

К.С. ЯШИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья представляет собой обзор основных применяемых методов маршрутизации и современных сетевых технологий. В статье приведено описание программы, имитирующей действие динамической сети и работу алгоритма по поиску оптимального маршрута для передачи информации. Приведен пример, как меняется маршрут в зависимости от текущего местоположения информации и состояния сети. Программой предусматривается, что часть объектов сети может быть динамической и случайным образом задается движение этих объектов.

Ключевые слова: сетевые технологии, динамические сети, динамическая маршрутизация, устойчивые к разрывам сети, маршрутизация, поиск на графах, информированный поиск, неинформированный поиск

Постановка задачи и введение понятий

При классическом подходе в сетевой архитектуре пакет данных может быть передан от одного оконечного узла к другому, при этом, если на данный момент полного пути между двумя сетевыми узлами не существует, то передача не будет осуществляться, т.е. движение пакета всегда определено изначально построенным путём. Таким образом, классический подход наиболее пригоден для статических сетей, заранее описанных некоторой топологией, но что делать, если для сети нельзя описать топологию ввиду её изменчивости во времени? Исходя из этого, появляется задача узнать, возможно ли строить оптимальные пути и передавать информацию в сетях, подверженных изменениям, при помощи существующих технологий. Для решения такой задачи следует ввести новые понятия, такие как динамические сети, динамическая маршрутизация и DT-сети.

Динамическая сеть – вид сети, в которой связи между узлами непостоянны и могут изменяться в течение времени в силу того, что узлы в такой сети могут перемещаться, появляться и пропадать, а значит, такая сеть обладает разными топологиями в разные моменты времени.

Динамическая маршрутизация — вид маршрутизации, при котором таблица маршрутизации редактируется программно. В случае UNIX-систем демонами маршрутизации; в других системах — служебными программами, которые называются иначе, но фактически играют ту же роль. Демоны маршрутизации обмениваются между собой информацией, которая позволяет им заполнить таблицу маршрутизации наиболее оптимальными маршрутами. Динамическая маршрутизация является эффективным методом построения пути передачи пакета в статических ЛВС, в динамических же сетях такую технологию можно назвать не просто эффективной, но и необходимой по причине

трудоемкости построения маршрута вручную при постоянной изменчивости состояния сети, соответственно, топологий.

DTN (Disruption Tolerant Networking; Сети, устойчивые к разрывам) — подход к сетевой архитектуре, применяемый для областей с нестабильными связями и большими расстояниями (непостоянное нахождение узла в сети, передвижение узла). В классической сетевой архитектуре присутствует коммутационный режим «Store and Forward», когда коммутатор работает не только с пакетными заголовками, но и самим содержимым, позволяя сохранить данные на некоторый промежуток времени, если невозможно провести следующий шаг коммутации, но такой подход изначально не был предназначен для длительного хранения данных на коммутаторе, а также для больших и очень больших расстояний между конечными узлами, поэтому был введён DT-подход, который позволяет хранить данные на коммутаторе намного дольше, при этом данный коммутационный режим предполагает хранение ожидающих пакетов в постоянных хранилищах из-за значительной задержки на передачу сигнала.

Имитационное моделирование для решения задачи

Поставленная задача не является классической в сфере сетевых технологий, соответственно, нахождение решения не гарантируется, из-за этого экспериментирование с реальными объектами (построение реальной сети и маршрутизация на ней) может являться избыточной мерой, поэтому более оптимальным решением будет использование имитационного моделирования.

Имитационное моделирование — метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, достаточно точно описывающей реальную систему, которая подвержена случайным процессам во времени, в результате чего можно получить устойчивую статистику. Экспериментирование с моделью называют имитацией.

Таким образом, необходимо разработать модель динамической сети, которую можно «проиграть» во времени, а затем провести над ней ряд экспериментов (получить некоторый набор маршрутов), т.е. построить некоторый имитатор, который и ответит, можно ли решить задачу оптимальной передачи пакетов в сети, которая изменяется со временем.

Представление имитатора

Для решения поставленных задач был разработан имитатор, состоящий из двух основных модулей: графовой модели динамически изменяющейся сети на некоторой области и инструмента экспериментирования, который будет находить маршруты передвижения пакета заданного объёма из одного конечного узла в другой при условии постоянного изменения модели.

Так как вычислительная сеть в простейшем виде представляет собой неориентированный граф, вершины которого — вычислительные узлы, а дуги — существующие между ними связи для передачи данных, то задача построения маршрутов сводится к задаче поиска пути на графе. В рамках разработанного имитатора были использованы методы как неинформированного, так и информированного поисков, так как оба этих подхода могут использоваться при сетевой маршрутизации в зависимости от требований ко времени построения маршрута и его оптимальности. Например, для пакетов небольшого размера лучше использовать неинформированные методы поиска пути, так как иначе затраты на поиск пути могут превысить затраты на передачу, для пакетов большого объёма выгоднее использовать информированные методы поиска, так

при менее оптимальном пути передача пакета может стать очень ресурсоёмкой. В разработанном имитаторе для реализации информированного поиска используется алгоритм Дейкстры, так как он используется в большинстве сетевых протоколов, а для осуществления неинформированного алгоритмы поиска в глубину и в ширину.

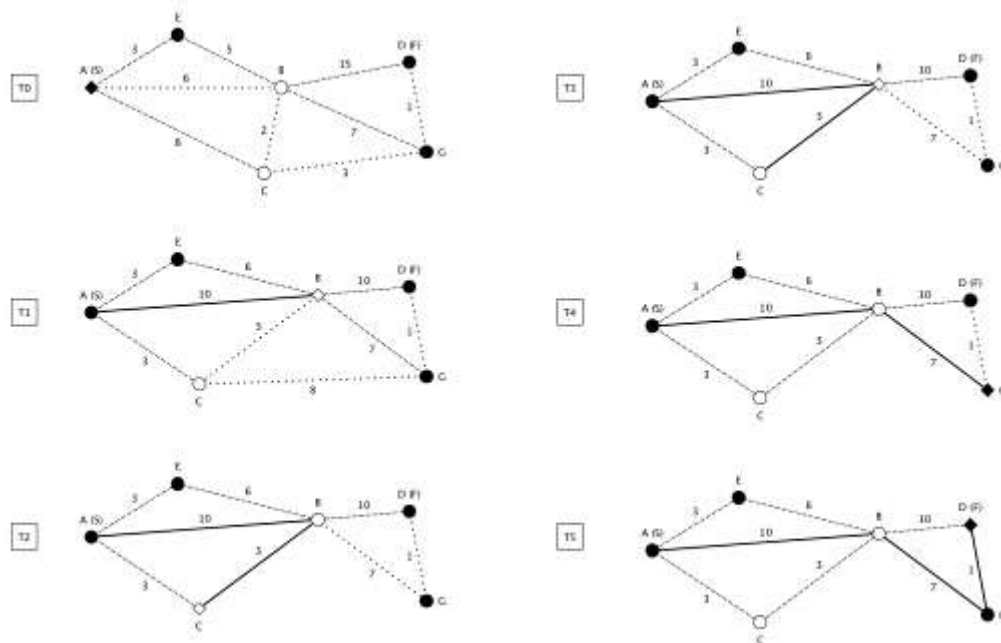


Рис. 1. Процесс пересылки пакета в динамической сети

Для построения модели необходимо определить входные параметры, с помощью которых можно будет построить некоторый случайный граф, такими входными параметрами в разработанном имитаторе являются: размер области, общее количество узлов графа, процент точек, которые могут изменять граф во времени, т.е. передвигаться, исчезать или появляться. Для проведения эксперимента над моделью необходимо указать его условия, такие как метод построения маршрута и размер передаваемого пакета, от которого будет зависеть время выполнения каждой пересылки. Передача дуг графа, по которым можно построить путь, от графовой модели инструменту экспериментирования осуществляется в виде матрицы смежности графа.

Для обоснования динамического построения путей следует привести пример работы имитатора:

Для лучшего понимания работы с графом введём обозначения:

1. Отметками S и F помечены начальная и конечная вершины соответственно;
2. Ромбом отмечена вершина, в которой находится пакет на данный момент;
3. Чёрным и белым цветом отмечены статические и динамические вершины;
4. Штриховой линией отмечены возможные связи (дуги) в графе;
5. Пунктирной линией отмечен путь, которого придерживается пакет;
6. Жирной линией отмечен путь, по которому уже прошёл пакет.

В момент времени T0 пакет находится в исходной вершине A, по алгоритму Дейкстры прокладывается путь до конечной вершины D, пакет отправляется в вершину B. В момент времени T1 пакет уже передан на вершину B, из сравнения с T0 заметно, что динамические точки изменили положение, но построенный путь всё ещё существует, пакет отправляется в точку C. Между моментами времени T1 и T2 дуга между вершинами

С и G была разорвана, поэтому строится новый путь, что заметно на графе T2, пакет отправляется на вершину В. Далее пакет движется в вершину G (T4), а потом достигает вершины D (T5).

Из приведённого примера заметно, что каждый шаг прохождения пакета является актуализированным для графовой модели в некоторый момент времени, т.е. пакет придерживается не изначально намеченного пути, а может его изменить при таком изменении графа, когда следование по намеченному пути не является возможным.

Актуальность и применение разработки

Разработанное ПО является актуальным и расширяемым, так как полученный имитатор позволяет понять, применима ли некоторая конкретная динамическая сеть на некоторой области, что позволит организациям без рисков перейти на более удобные и современные типы сетевой архитектуры при их применимости, основными заказчиками такого имитатора могут стать организации, прокладывающие сети для организаций, или же крупные компании любого рода деятельности, которые имеют собственный ИТ-отдел.

Список литературы

1. Кларк К., Гамильтон К. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco — М.: Вильямс, 2003. — 976 с.
2. Левитин А. В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. — М.: Вильямс, 2006. — 576 с.
3. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Г.Д. АСЯЕВ, К.Ю. НИКОЛЬСКАЯ

Южно-Уральский государственный университет

Аннотация. Защита речевой информации является одним из важнейших мероприятий по обеспечению информационной безопасности объекта информатизации. В статье рассмотрены основные звукопоглощающие материалы, служащие для защиты речевой информации, произведён расчёт звукоизоляции мембранных материалов и конструкций, а также проведена оценка эффективности применения их на практике.

Ключевые слова: звукоизоляция, звукопоглощение, информация, звуковая волна, мембранная конструкция.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011

Для защиты акустической информации выделяют пассивные и активные методы защиты речевой информации. Пассивные методы направлены на ослабление информативного сигнала в возможных точках перехвата информации. Первоочерёдными являются организационные и пассивные архитектурно-строительные средства защиты объекта информатизации. Оценка звукоизоляционных характеристик является основной задачей при проектировании помещения, где будет циркулировать обрабатываемая информация. Закон распределения звуковой волны определяется не только расположением источника звука, но и геометрией помещения, а также показателем коэффициента поглощения и отражения ограждающих конструкций.

Таблица 1

Материалы	Коэффициент поглощения на среднегеометрических октавных частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Стена, штукатуренная гипсом	0,013	0,015	0,020	0,028	0,040	0,050
Акустическая штукатурка типа АГШ-Б	0,99	0,78	0,73	0,76	0,6	0,59
Ковер с ворсом 1 см на бетоне	0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37
Резиновый ковёр толщиной 0.5 см	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,1
Линолеум	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,01
Сосновая панель	0,098	0,11	0,1	0,087	0,082	0,11
Стекло ординарной толщины	0,035	0,03	0,027	0,024	0,02	0,02
Щиты Бекешы (холст, натянутый по вате)	0,8	0,81	0,73	0,58	0,46	0,43

Важно подобрать такие звукоизоляционные параметры, которые будут минимизировать разборчивость речи. Ослабление звуковых волн при прохождении через ограждающие конструкции осуществляется путём проведения звукоизоляционных (звукопоглощающих) мероприятий (применение специальных звукоизоляционных материалов). В таблице 1 приведён обзор некоторых материалов и соответствующих коэффициентов поглощения.

Из таблицы 1 видно, что только щиты Бекеша обладают хорошим коэффициентом звукопоглощения на среднегеометрической частоте равной 125 Гц. У всех остальных материалов коэффициент звукопоглощения достаточно низкий, что свидетельствует о необходимости проведения мер, направленных на повышение звукоизоляции ограждающих конструкций.

Выделим основные факторы эффективности звукоизоляции ограждающих конструкций:

1. Коэффициент поглощения ограждающих конструкций равен отношению разности падающей и отражённой волны к отражённой волне. Показывает насколько быстро уменьшается энергия акустической волны при прохождении через ограждающие конструкции:

$$\alpha = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \quad (1)$$

где I_1 - интенсивность звука, соответствующая уровню с внешней стороны ограждающей конструкции;

I_2 – интенсивность звука, соответствующая уровню внутри смежного помещения.

2. Коэффициент звукоизоляции определяется разностью между прямой и преломлённой волной:

$$Q_{из} = L_1 - L_2 = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 \lg \frac{I_1}{I_2}$$

3. Коэффициент отражение представляет собой отношение отражённой к преломлённой волне:

$$\beta = \frac{I_2}{I_1}$$

4. Коэффициент звукопоглощения. Может принимать значения от 0 до 1. Чем ближе данный коэффициент к правой границе, тем выше звукоизоляционные качества материала.

$$\alpha = 1 - e^{-\alpha} \quad (2)$$

Выделяют следующие виды звукоизоляционных материалов:

1. Сплошные материалы. Имеют акустическое сопротивление всегда больше воздуха. Обладают как правило низким коэффициентом поглощения: $\alpha \leq 0.5$. К таким материалам относят кирпич, бетон, известняк.
2. Пористые материалы. В основном это облицовочные материалы (штукатурка, ковры). Применяются, в основном, вместе со сплошными материалами. Однако высокими звукопоглощающими свойствами данная конструкция будет обладать при размещении пористого материала на расстоянии четверть длины волны от стены. Звуковая волна больше всего поглощается из-за вязкости материала, а также в силу многократного отражения в микроотверстиях пористого материала. Исходя из графика данный вид звукоизоляционных материалов хорошо поглощает звуковую

волны в области высоких частот и нерационален при циркулировании в защищаемом помещении звуковой волны низкой частоты.

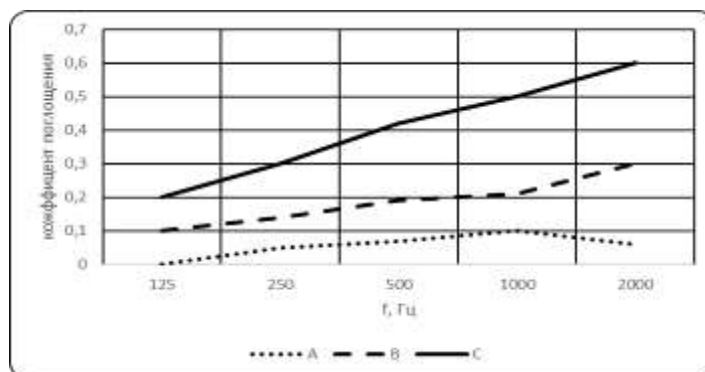


Рис. 1. Частотные характеристики коэффициента поглощения пористых материалов: А – известковая штукатурка; В- ковёр с ворсом, лежащий на бетонном полу; С- арборит в плитах толщиной 2 см.

3. Слоистые материалы. Совокупность пористых и сплошных материалов, или просто сплошных с различным акустическим сопротивлением. Так как в многослойных экранах несколько границ раздела поверхностей, то на каждой создается отражение акустических волн из-за разницы акустических сопротивлений.
4. Мембранная конструкция. Представляет собой совокупность трёх составляющих: как правило фанерного листа и сплошного материала, например, бетона, а между ними демпфирующий материал: резина, поролон, войлок. Наиболее часто применяется для повышения звукоизоляции, так как имеет коэффициент звукового поглощения 0.8.

Расчётным методом определим на каких частотах возможно максимальное поглощение звука мембранной конструкцией. Резонансная частота определяется формулой:

$$f_k = \frac{k}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho t b}}, \quad (3)$$

где ρ – плотность материала

l, t, b – длина, ширина и толщина полотна

Пусть имеется тонкий фанерная конструкция размерами 2*2 м и толщиной $6 \cdot 10^{-3}$ м, расстояние между данной конструкцией и сплошным материалом 10 см., тогда резонансная частота, в соответствии с формулой 3, будет равняться:

$$f_k = 3.45 \cdot 10^3 \cdot \frac{t}{l^2} = 3.45 \cdot 10^3 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-3}}{2^2} = 5.2 \text{ Гц}$$

Следующая частота на 10.4 Гц, далее 15.6 Гц, соответственно.

Определим коэффициент звукопоглощения для помещения, у которого потолок и стены состоят из мембранной конструкции. Объём помещения 3060 м^3 , имеется одна дверь размером 4 м^2 . В защищаемом помещении находятся стол и стулья с суммарным объёмом 20 м^3 .

1. Определим объём защищаемого помещения без учёта ограждающих конструкций (ОК) внутри помещения. Объём выступа на задней стене равен 40 м^3 , стол для совещаний и стулья занимают 20 м^3 . Общий объём без учёта ОК внутри помещения составит $3060 - 20 - 40 = 3000 \text{ м}^3$.
2. Рассчитаем общую площадь ОК. Площадь стены $15 \cdot 4 = 60 \text{ м}^2$, площадь боковых стен от потолка до стола $2 \cdot 3 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2$. Площадь стены $15 \cdot 4 = 60 \text{ м}^2$, площадь потолка $28 \cdot 11 = 308 \text{ м}^2$. Общая площадь ограждающих конструкций составила 452 м^2 .

3. Из таблицы определим время ревербации на среднегеометрической частоте 1000 Гц, так как именно эта частота больше остальных влияет на разборчивость речи. Время ревербации составило 0.7 с.

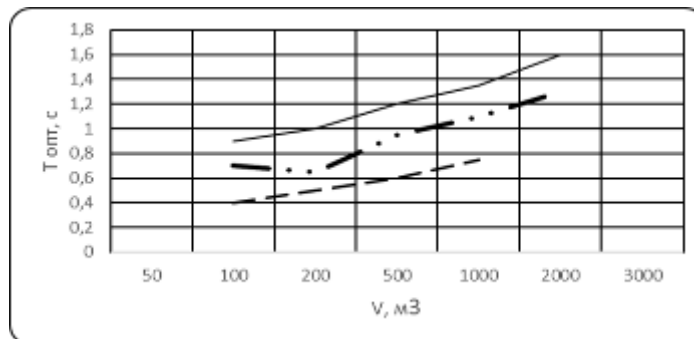


Рис. 2. Зависимость время ревербации от типа и объема помещения. 1 –помещение об

4. Найдём ревербационный коэффициент поглощения. Преобразуем формулу 1:

$$\alpha = \frac{0.161 * V}{T_{\text{опт}} * S} = \frac{0.161 * 3000}{3522 * 0.7} = 1,99$$

2. Определим коэффициент звукопоглощения из формулы 2:

$$\alpha = 1 - e^{-\alpha} = 1 - e^{-1,99} = 0,86$$

Исходя из расчётов, использование мембранных поглотителей в качестве звукоизоляционной конструкции является оптимальным вариантом. Хороший коэффициент звукопоглощения и несложные инженерно-конструкторские решения позволяют снизить разборчивость речи за пределы контролируемой зоны к нулю.

Список литературы

1. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам. М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – С. 215-314.
2. Сапожков М.А. Акустика // Справочник. – М.: Радио и связь 1998. – С. 186-192.

ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА

П.А. ВАЛЕВАЧ, В.А. ГРАБНЮК

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматриваются ключевые факторы эргономического обеспечения проектирования ситуационных центров: определение зон восприятия визуализации информации, зонирование помещений, размещение специализированной технологической мебели и функциональная оптимизация рабочего места оператора.

Ключевые слова: обеспечение, ситуационный центр (СЦ), проектирование, оператор, эргономика.

На сегодняшний день ситуационные центры находят большое применение в управляющих структурах, особенно широко в органах государственной власти. Использование систем СЦ позволяет повысить эффективность, оперативность, а также качество принимаемых решений. Некоторые структуры органов государственной власти и

органов местного самоуправления используют ресурсы СЦ для контроля исполнения решений.

На текущий момент тенденция развития систем СЦ в России насчитывает десятки реализованных и ещё больше запланированных проектов.

Работа ситуационного центра особенно тем, что в условиях ограниченного времени необходимо организовать сбор, обработку, обобщение и предоставление информации персоналу СЦ. Который в свою очередь должен как можно быстрее дать объективную оценку ситуации для выработки обоснованных и максимально эффективных вариантов решений возникшей ситуации. К тому же информация, поступающая в центр мониторинга, характеризуется следующим:

- разнообразием внешних источников;
- неформализованным, «лавинообразным» и неравномерным характером входящего потока;
- значительным количеством «информационного мусора», недостатком конкретики и достоверности.

Таким образом, время, которое затрачивается на восприятие информации людьми, принимающими решения, является одним из ключевых факторов, влияющих на эффективную работу СЦ.

Все это накладывает специфические требования на техническое, информационное и эргономическое обеспечение ситуационных центров.

В СЦ можно выделить несколько крупных составляющих: программное обеспечение для управления, системы отображения информации и рабочие места персонала.

Большинство ситуационных центров представляет собой хорошо вентилируемые помещения, в которых находятся и взаимодействуют между собой различные системы передачи и обработки данных: от программной аппаратуры до аудио- и видеосистем и т.д.

Ситуационный центр предназначен решать следующие задачи:

- мониторинг обстановки и предоставления руководству обработанной и структурированной информации в определенном формате;
- повышение эффективности при коллективной работе экспертов и аналитиков;
- моделирование развития и оценка различных вариантов решения ситуаций;
- комплексное информационное обеспечение руководства;
- контроль качества технологического и производственного процесса;
- оперативная обратная связь при изменении ключевых показателей процессов.

Большие объемы и высокая интенсивность поступления входящей информации при решении этих задач, делает необходимым использование современных средств приема, воспроизведения и восприятия информации.

Работа над проектированием любого ситуационного центра должна начинаться, в первую очередь, с создания архитектурного плана помещения, учитывающего особенности функционирования СЦ, его задачи и цели.

Нередко заказчики ошибочно полагают, что проектирование комплекса зачастую сводится только лишь к созданию алгоритма управления и математическому моделированию процессов, что в последствии станет основой управляющей программой со схемой коммутации сигналов. А собственно оборудование, планировка зала, функциональная мебель особого значения не имеют. Но это далеко не так. Необходимо также предусмотреть комфортабельность работы специалистов: создание микроклимата

помещения, удобный интерьер, функциональная мебель и правильную организацию рабочих мест.

Плохое визуальное отображение данных на экранах, неправильная рассадка операторов, а также непродуманная эргономика их рабочих мест, могут снизить эффективность работы всей системы, даже имея хорошее программное и инженерное обеспечение. В идеале, должна обеспечиваться удобная и комфортная работа для всех сотрудников центра.

Важно понимать, что необходимость эффективного функционирования оператора не ограничивается кризисными ситуациями, а является приоритетом в повседневной деятельности. Действия оператора ситуационного центра напрямую влияют на бесперебойность работы, принятие решений, и, как следствие, на качество и безопасность. Тем не менее, чтобы оставаться в хорошем рабочем состоянии и взаимодействовать с системой управления, операторам часто мешает отсутствие должного внимания к человеческому фактору при разработке СЦ.

Проектирование ситуационного центра с фокусом на человеческий фактор может превратить потенциально опасную усталость и отвлечение в активную бдительность, которая позволит использовать человеческий потенциал по максимуму - как в обычном режиме, так и в критических ситуациях.

Современным операторам необходимо следить за несколькими вещами одновременно: от показателей данных процесса до камер наблюдения или прогнозов погоды. Все может усложниться, потому что различная информация обычно отображается в отдельных системах через специализированные мониторы, клавиатуры и процедуры. Чтобы получить полный обзор этих отдельных систем, оператор должен перемещаться между различными дисплеями. Но это не обязательно. Столы ситуационного центра могут стать непосредственной частью процесса, включая в себя последние стандарты эргономики для снижения усталости, улучшения бдительности, здоровья и самочувствия оператора в целом.

Автоматизированные промышленные среды, которые вступают в новую фазу благодаря умным заводам, интеллектуальным машинам и сетевым процессам, предъявляют очень специфические требования к бдительности в повседневной работе. Фиксированное сидячее рабочее место не является здоровым для операторов. Работа в смену изменяет естественные биологические часы в теле оператора. Кроме того, каждый оператор отличается от предыдущего, и важно иметь очень гибкую платформу.

К ключевым факторам эргономического обеспечения проектирования ситуационных центров (СЦ) относятся:

1. Определение зон восприятия информации

Человеку свойственно понятие фокуса внимания, в соответствии с чем, он не сможет одновременно концентрироваться и внимательно наблюдать за несколькими мониторами. Вероятность визуального обнаружения тревожной ситуации и своевременной реакции равна произведению вероятностей событий, его составляющих. Если для одного экрана вероятность равна приблизительно 0,4 (40%), то для четырех мониторов уже меньше 3%. Следовательно, выводя оператору более одного монитора, нужно помнить, что для него единовременно один будет главным, а остальные – второстепенными или вспомогательными. Кроме того, существует ограничение по удержанию повышенного

внимания - не более 10 мин. Соответственно, для ситуаций, требующих быстрой реакции, необходимо применять отдельные мониторы.

За много лет для человека степень тревожности стала восприниматься в зависимости от направления и скорости движения объекта, и наиболее опасным кажется движение сверху вниз. Таким образом, вверху следует располагать информацию, которая требует привлечения внимания.

Следовательно, в центре размещаются экраны с наиболее важной информацией и, требующими постоянного внимания – «дежурный» и «оперативный».

Поверх дежурных мониторов правильно расположить «тревожные» мониторы, для вывода информации о состоянии процессов, тревожных ситуациях, сообщениях о неполадках и т.д.

В области периферийного зрения располагаем мониторы с остальными процессами, которые требуют периодического внимания оператора, так называемые «справочные» мониторы.

Для удобства управления, рекомендуется выделить оператору отдельный «рабочий» монитор, с которым он будет постоянно взаимодействовать - менять раскладки, переключать выводимую на мониторы информацию.

Также немаловажно определение зон восприятия звуковой информации с помощью телекома и систем локальных вещаний, которые являются неотъемлемой частью современных СЦ. Но звук обычно транслируется повсюду, иногда громкий, тревожный или слишком низкий, чтобы быть услышанным правильно, а иногда и вовсе игнорируется оператором под напряжением. Рекомендуется использовать звуковые потоки, которые направляют звук дискретными способами. Специальная звуковая и световая коробка располагается непосредственно над рабочей станцией оператора. Это повышает оперативность и осведомленность в повседневной и стрессовой ситуации. Направленный звук остается в области рабочей станции и не мешает другим операторам на других станциях, которые могут выполнять свои собственные критические задачи. Для получения более общей аудиоинформации, такой как объявления или сигналы тревоги, можно включить громкую акустическую систему.

2. Зонирование помещений

Часто вместо одного помещения оснащают сразу несколько: мониторинговый центр, центр аналитики, серверная комната, комната руководства, комната отдыха и переговорная комната.

Типовой ситуационный центр строится, как правило, по принципу последовательной обработки информации.

Центр мониторинга - это самая важная комната на любом объекте, где ежедневное принятие решений влияет на корпоративные цели. Там операторы осуществляют контроль за поступающей информацией. Выполняется ее первичная обработка и классификация. На основании заданных критериев сигнализируется о чрезвычайных происшествиях.

Большая компоновка СЦ должна включать выделенное пространство для операций, свободное от отвлекающих факторов. Отдельная зона для посетителей должна быть сконструирована таким образом, чтобы неосновной персонал находился вне зоны деятельности основного персонала. Для совещаний и совместного предотвращения неисправностей необходимо предоставить выделенное пространство для коллективной работы. Кроме того, необходимо предоставить зону отдыха, чтобы помочь операторам, не

принимающим активное участие в рабочем процессе, перезаряжаться, не отвлекая дежурного персонала.

3. Размещение специализированной технологической мебели

Идея заключается в персонализации рабочих областей для отдельных пользователей и ситуаций, такой фурнитурой, которая имеет возможности изменять положение мониторов и столов на протяжении смены оператора для обеспечения вариативности положений элементов рабочей среды. Большие экраны должны не только регулироваться по высоте, но и по глубине, углам поворота и наклона. Для удобного регулирования всей рабочей среды можно использовать систему управления с функцией памяти уже использованных позиций.

Система освещения рабочего места может иметь как восходящее, так и нисходящее освещение для хорошей видимости в любой ситуации, и должна центрироваться над поверхностью стола, не создавая отражения на высокочастотных светодиодных экранах. Цветовая температура с возможностью регулирования от теплой до холодной, создаст идеальный осветляющий немерцающий свет для каждого отдельного оператора и ситуацию.

4. Функциональная оптимизация рабочего места оператора

Когда, внезапно, некий процесс требует пристального внимания оператора, жизненно важно немедленно получить доступ к информации о том, что происходит. Это может быть очень непросто в комнате, полной систем с несколькими мониторами, каждая с различной клавиатурой.

Сейчас можно использовать рабочую среду, в которой операторам не требуется прыгать между клавиатурами просто для работы с различными системами и задачами. Многофункциональная клавиатура может переключаться между мониторами, автоматически перемещая функцию мыши.

Такие системы разрабатываются для одного оператора, работающего самостоятельно в обычном режиме. А когда необходима поддержка в критических ситуациях, могут быть добавлены дополнительные клавиатуры и мыши.

Таким образом, учитывая все эргономические требования можно значительно повысить качество проектирования ситуационных центров за счет грамотного использования ресурсов, а также обеспечить эффективную работу персонала таких ответственных объектов как ситуационные центры.

Список литературы

1. Ильин, И. И. Развитие систем специального информационного обеспечения государственного управления / Н. И. Ильин, Н. Н. Аемидов, П. Н. Попович. — М. : Изд-во Медиа Пресс, 2009. — С. 281
2. Ильин, Н. И. Методология создания системы ситуационных центров высших, федеральных и региональных органов управления / Н. И. Ильин // Информатика и вычислительная техника. — 1997. — № 1. — С. 12—16.
3. Ильин, Н. И. Новые направления развития ситуационных центров органов государственной власти / Н. И. Ильин // Ситуационные центры и перспективные информационно—аналитические средства поддержки принятия решений: матер науч.-практ. конф. РАГС / Под общ. ред. А. Н. Аанчула. — М. : Изд-во РАГС, 2008. — С. 12— 16.

ВЛИЯНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

Е.А. ГАЛУШКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос зависимости многокритериального ранжирования от корреляции показателей. Исследуются необходимость предварительной обработки и подготовки данных, степень влияния корреляционной связи на оценку альтернатив, а также значимость смысловой зависимости показателей.

Ключевые слова: многокритериальное принятие решения, ранжирование, степень корреляционной связи, корреляционно-регрессионный анализ, факторный анализ, коэффициент корреляции, выбор лучшей альтернативы, подготовка данных, влияние, корреляция показателей.

Функционирование и развитие любой отрасли деятельности неизбежно включает в себя решение задач, основанных на выборе наиболее подходящих из возможных стратегий или объектов, иначе говоря, выборе лучшей альтернативы.

Необходимость принятия решения в условиях существования нескольких альтернатив присутствует не только в профессиональной деятельности, но и в повседневной жизни. Примерами могут служить как выбор вуза и места работы, так и приобретение наиболее подходящего товара в магазине.

В реальном мире альтернативы представляют собой сложные объекты, характеризующиеся множеством свойств (критериев). Таким образом, возникает проблема получения корректной оценки, по причине существования, наряду с большим количеством оцениваемых объектов, необходимости преобразования набора имеющихся критериев в единый показатель.

Вопросом измерения данного показателя занимается специализированная научная дисциплина. Квалиметрия (Квалиметрия – это наука об измерении и количественной оценке качества всевозможных предметов и процессов, т.е. объектов реального мира. [1]) оценивает качество, как объективную и наиболее обобщенную совокупную характеристику сущности объекта, обусловленную его свойствами. [1]

Наиболее подходящим способом получения комплексной оценки качества, с учетом относительной ценности каждой из альтернатив, является ранжирование (упорядочивание).

Актуальность вопроса зависимости многокритериального ранжирования от корреляции исходных показателей обусловлена многочисленностью областей применения данного метода сравнения альтернатив.

Целью данной работы является определение степени влияния автономности показателей на итоговую оценку альтернатив.

Методика проведения исследования заключается в анализе итоговой ранжировки, в зависимости от уровня (степени) корреляционной связи исходных показателей.

Степень корреляции определяет коэффициент, соответствующий типу используемых шкал измерений (табл. 1). [2]

Для количественной оценки корреляционной связи показателей, а также определения необходимости их учета при ранжировании альтернатив используется корреляционно-регрессионный анализ. [3]

Таблица 1

Соответствие коэффициента корреляции типу измерительных шкалы

№	Тип шкалы		Показатель корреляции	Примечание
1	интервальная / отношений	интервальная / отношений	коэффициент корреляции Пирсона	при нормальном распределении
2	интервальная / отношений	интервальная / отношений	ранговые коэффициенты корреляции (Спирмена и Кендалла) / коэффициент Фехнера	не подчиняется нормальному закону распределения (хотя бы одна переменная)
3	интервальная / отношений / порядковая	порядковая	ранговые коэффициенты корреляции (Спирмена и Кендалла)	-
4	номинальная	номинальная	коэффициент взаимной сопряженности	-

В первую очередь, определяется степень корреляционной связи показателей. Для линейной регрессионной модели используется коэффициент Пирсона. Соответствие степени корреляции и значения коэффициента отражает шкала Чеддока (табл. 2).

Таблица 2

Степени корреляционной связи Шкала Чеддока

Абсолютное значение коэффициента корреляции	Теснота (сила) корреляционной связи
менее 0.3	слабая
от 0.3 до 0.5	умеренная
от 0.5 до 0.7	заметная
от 0.7 до 0.9	высокая
более 0.9	весьма высокая

При наличии недопустимо сильной корреляционной связи необходимо уменьшить влияние связанных показателей на итоговую ранжировку. Существует несколько подходов к преобразованию данных в этом случае:

Исключить один из зависимых показателей.

Выбор критерия осуществляется либо экспертами, либо учитывается только показатель с наименьшей степенью воздействия на конечную ранжировку. Количественной оценкой зависимости итогового ранга альтернативы от показателя служит коэффициент детерминации, представляющий собой квадрат коэффициента корреляции Пирсона в случае линейной регрессии.

Ввести весовые коэффициенты значимости для разного уровня учета показателей при итоговой оценке альтернатив.

Таким образом, коррелирующие показатели учитываются не в равной мере, что позволяет регулировать степень воздействия каждого конкретного критерия на результат конечной оценки.

Объединить коррелирующие показатели в единый обобщенный критерий.

Сокращение количества показателей без потери их значений осуществляется путем факторного анализа. Предусмотрено несколько методов его проведения, в зависимости от конечной цели и удобства использования в каждом конкретном случае. [4]

Повторное проведение ранжирования после обработки исходных данных позволяет получить более достоверную оценку альтернатив. Однако вопрос о наличии ограничений использования данного метода учета и преобразования показателей остается открыт.

Результат многократного применения корреляционно-регрессионного анализа, продемонстрированный на рис. 1, однозначно подтверждает зависимость многокритериального ранжирования от корреляционной связи показателей. Последовательное исключение коррелирующих показателей с большим коэффициентом детерминации на каждом шаге уменьшения степени корреляции значительно изменило ранги альтернатив. (рис. 1)



Рис. 1. Изменение ранжировки альтернатив A-J в зависимости от степени корреляции

Исследование влияния корреляции показателей безусловно подтвердило необходимость предварительной обработки и подготовки данных для принятия решения методом многокритериального ранжирования. Оценку альтернатив при слабой корреляции нельзя считать однозначно достоверной, так как анализ исключенных показателей выявил смысловую необходимость их включения. Для разных задач оптимальный уровень корреляционной связи показателей может быть разным.

Оптимальной степенью корреляции можно считать наличие заметной зависимости, т.е. абсолютное значение 0,5 – 0,7, так как дальнейшее уменьшение связи между показателями приводит к неоднозначным и неточным результатам. Соответствие степени корреляции и действительной зависимости показателей однонаправленное: сильная корреляция данных не гарантирует наличие связи между показателями.

По результатам исследования можно сделать вывод о наличии влияния корреляции исходных данных на результат многокритериального ранжирования и необходимости учета не только корреляционной связи, но и смысловой зависимости показателей.

Список литературы

1. Бурков Е. А., Назаренко Е. А., Падерно П. И. Основы квалиметрии: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 64 с.

2. Берестнева О.Г., Марухина О.В., Шевелёв Г.Е. Прикладная математическая статистика: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 200 с.
3. Основы линейного и нелинейного регрессионного и корреляционного анализов : метод. указания / сост. И. В. Баранова, Н. А. Часова. Брянск, 2007. 33 с.
4. Ендовицкий Д. А., Куликов В. С., Рудченко Т. В. Факторный стохастический анализ премиальных выплат управленческого персонала // Экономический анализ: теория и практика. 2009. №18 (147) с. 2-14.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТРЕНИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАВЫКОВ

Т. С. КАРПОВА, С. Ю. МАЛЫШЕВА

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,

Аннотация. В статье описывается применение системного анализа к разработке автоматизированной системы проверки SQL-запросов. Приводятся результаты реализации на данный момент, а также блок-схема анализа семантики SQL-запроса.

Ключевые слова: SQL-запрос, база данных, тестирование

Анализ современных профессиональных стандартов, связанных с обработкой информации показал, что необходимым умением является владение стандартным языком запросов к реляционным базам данных (БД) [1] – Structured Query Language (SQL) [2].

В процессе исследования выявлена проблема отсутствия в открытом доступе программного обеспечения (ПО), позволяющего проводить не только проверку синтаксиса написанного SQL-запроса, но и анализ семантики содержания запроса.

Для решения обнаруженной проблемы был применён системный анализ, включающий в себя следующие этапы:

1. Постановка задачи и планирование работ.
2. Разработка модели системы.
3. Оценка адекватности модели.
4. Решение задач на модели.

Цель работы – разработка автоматизированной системы для проверки SQL-запросов с применением системного подхода.

Знания приобретаются путём изучения теоретического материала, например, лекций и чтения специальной литературы. При выполнении практических заданий появляются умения. Многократное выполнение различных практических заданий дает возможность формирования навыков.

Существуют готовые решения, позволяющие достичь часть поставленных целей, а именно осуществить проверку синтаксиса написанного SQL-запроса. В качестве примеров можно привести следующие:

- онлайн сервис проверки синтаксиса MySQL,
- программа NpcQueryConverter v1.0 для проверки правильности SQL-запроса,
- Mimer SQL-2003 Validator,
- онлайн сервис SQL Fiddle для работы с Oracle.

С точки зрения системного аналитика, они не подходят для обучения, так как направлены исключительно на проверку синтаксиса, составленного SQL-запроса, что является нужным, но не способствует формированию навыков составления адекватных SQL-запросов.

Согласно этапам системного анализа, в начале работы разрабатывается модель системы компьютерного тестирования, включающая:

- базу данных, реализованную на сервере MySQL и поддерживающую хранение неограниченного количества учебных баз данных и их структур;
- процедуру анализа семантики SQL-запроса.

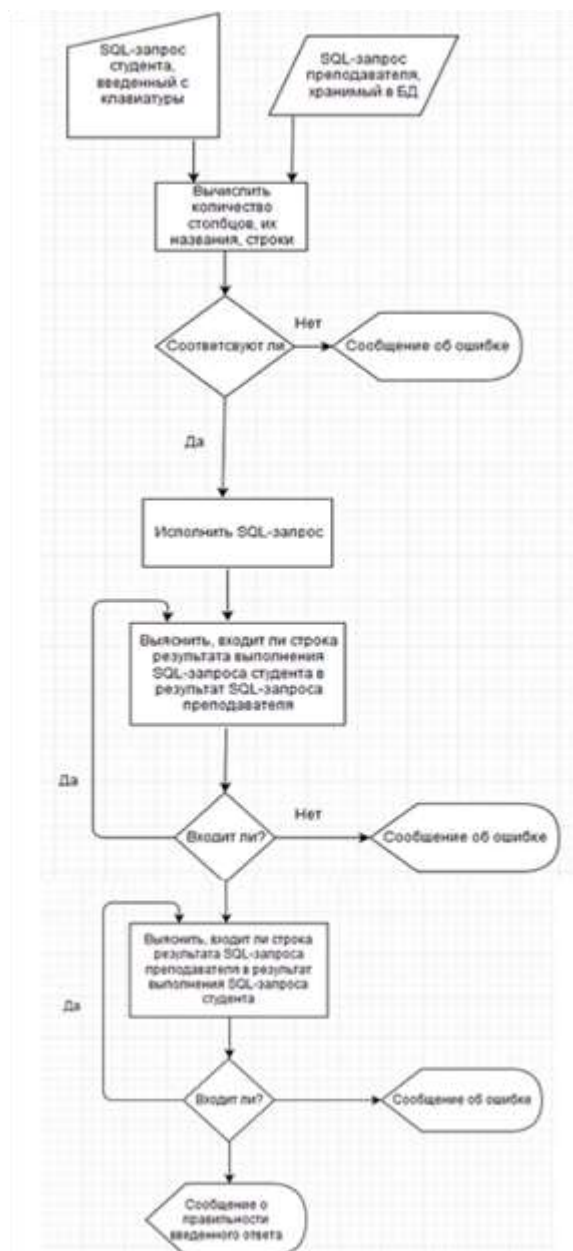


Рис. 1. Механизм проверки соответствия результатов тестирования

В ходе анализа возможных методов семантического анализа запросов была предложена процедура сравнения результатов правильного запроса, подготовленного преподавателем и результата запроса обучающегося. Алгоритм рассмотренной процедуры приведен на рис. 1. Таким образом, были сформулированы функции системы и требования к ней:

- хранить базы данных с SQL-запросами к ним, а также их описание;
- хранить правильные ответы, введенные преподавателем;
- сравнивать ответы, введенные студентом, с правильными ответами преподавателей и сохранять результат сравнения.

По мнению разработчиков, система будет выполнять функции тренинга для студентов, и способствовать автоматизации части работы преподавателя в отношении проверки работ студентов.

При успешной разработке модели будет проведена оценка её адекватности, включающая:

- корректность работы процедуры сравнения,
- решение задач на модели.

При признании созданной модели работоспособной планируется разработать универсальный модуль, который может быть встроен в любую среду e-learning, основанную на объектных технологиях, например, Moodle. В этом случае планируется, что у системы будет два модуля:

1. Решение учебных запросов.
2. Проведение контрольного тестирования.

При успешной реализации данная система может применяться в вузах для обучения студентов различных направлений и на предприятиях для обучения сотрудников, работающих в сфере анализа данных. Применение системы в процессе обучения позволит студентам тренироваться в написании запросов в любое удобное время вне занятий, а также снизит нагрузку преподавателя вследствие автоматизированной проверки заданий по написанию SQL-запросов.

Авторы предлагают использовать данный системный подход в разработке новых типов заданий, которые не соответствуют простым тестам, встроенным в различные обучающие системы.

Список литературы

1. Туманов, В. Е. Основы проектирования реляционных баз данных. М. : Интуит, 2016. 504 с.
2. Кара-Ушанов, В. Ю. SQL – язык реляционных баз данных. Екатеринбург: Урал. ун-т, 2016. 156 с.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АТАК ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ»

А.С. Синьков, М.П. Медведев, К.Ю. Никольская

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. Распределенные атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS – Distributed Denial of Service) являются одной из самых больших угроз, с которой сталкивается сеть Интернет. Проблема особенно остро стоит в последнее время, когда большинство устройств «интернета вещей» могут быть взломаны и объединены в ботнет. В связи с этим, в данной статье мы приводим анализ проблемы обнаружения DDoS-атак в виде представления существующих методов атак и механизмов их обнаружения. Рассмотрены следующие методы с достоинствами и недостатками: истощение полосы пропускания, истощение различных ресурсов системы, низкоуровневые и маломощные атаки, а также непреднамеренные.

Ключевые слова: DDoS, флуд, RDDoS, LDDoS, отказ в обслуживании, аномалии, сигнатуры, нейронные сети, искусственный интеллект.

Распределенная атака типа «отказ в обслуживании» – это атака на какой-либо сетевой ресурс, целью которой является выведение его из строя и, как следствие, недоступность легитимных пользователей к нему. Атаки происходят путем истощения каких-либо ресурсов сервера, например, полосы пропускания или процессорного времени.

Механизмы осуществления атак

Все современные DDoS-атаки проводятся с использованием ботнета, с применением подмены IP-адресов либо комбинированным методом. Можно выделить следующие реализации DDoS-атак [1]:

1. Истощение полосы пропускания.
2. Истощение ресурсов центрального процессора, запоминающих устройств или оперативной памяти.
3. Низкоинтенсивные и маломощные атаки.
4. Непреднамеренный DDoS.

Первый метод реализации атак – **истощение полосы пропускания**. Является наиболее частой атакой. Различают следующие виды:

1. *Атаки «наводнения» трафика (флуд)*. Атакующий определенным образом путем отправки бессмысленных пакетов и запросов, на которые сеть должна отреагировать, полностью нагружает полосу сети и вызывает «отказ в обслуживании». Флуд обычно реализуется на сетевом и транспортном уровнях модели OSI. Наиболее часто производят ICMP-флуд, UDP-флуд, TCP-флуд (SYN-флуд).

2. *Атаки на основе отражения (reflection) и усиления (amplification) трафика (RDDoS)*. Усиление происходит за счет того, что, разослав запросы множеству поддерживающих их серверов («отражателей»), можно добиться ответов от всех серверов без проверок. Ответ по размеру в байтах превышает сам запрос, при этом сети при получении запроса рассылают его всем хостам внутри себя, тем самым, на один запрос в сеть из 10 хостов придет 10 ответов. Это «усиление» трафика. Уязвимые для таких атак протоколы – UDP, NTP, SSDP, DNS, SNMP, NetBIOS. Атаки RDDoS являются самыми распространенными на текущий момент. Обнаружить RDDoS чаще всего удастся только после обнаружения недоступности ресурса.

Следующий метод – **истощение ресурсов сервера**: центрального процессора, запоминающих устройств или оперативной памяти. Реализуются такие атаки часто через эксплуатацию уязвимостей сетевых протоколов и недостатков сетевого программного обеспечения.

1. *Использование недостатков сетевых протоколов*: HTTP-флуд, фрагментация пакетов (посылаются пакеты огромного размера TCP/IP, UDP или иных протоколов, разделенные на маленькие фрагменты).
2. *Использование недостатков алгоритмов синтаксических анализаторов XML* для исчерпания оперативной памяти сервера, особенностей языков программирования по обработке регулярных выражений для исчерпания ресурсов процессора [2].

Низкоинтенсивные и маломощные атаки (Low and Slow DDoS, LDDoS). Отказ в обслуживании достигается скрыто и небольшим количеством трафика и не требует истощения полосы пропускания. Атакующий открывает множество бесконечных соединений и при превышении некоторого порога вызывает в сети «жертвы» отказ в обслуживании [3][4]. Используются протоколы транспортного (TCP) или прикладного (HTTP) уровней

модели OSI. Такие атаки очень трудно обнаружить, поскольку сами по себе такие соединения не являются «аномальным» поведением, поэтому обнаруживаются они постфактум.

Непреднамеренный DDoS (слэшдот-эффект). Исходит от легитимных пользователей. Если популярный ресурс делится информацией о небольшом и малозащищенном ресурсе, то наплыв заинтересованных пользователей вызывает перегрузку полосы пропускания или ресурсов сервера и приводит к «отказу в обслуживании».

Способы обнаружения атак

Обнаружение атак происходит либо на стороне жертвы, либо на стороне граничных узлов сети, в которой находится жертва, либо в определенных точках между жертвой и границей сети.

По методике обнаружения способы делятся на:

1. Основанные на составлении сигнатур атак.

Сигнатурные методы основаны на построении модели «аномальное поведение» [5][6]. Строится отношение, в котором размещаются характерные признаки (сигнатуры) «аномального» поведения обмена трафиком в потоке (присутствие огромного количества одновременно поступающих SYN+ACK пакетов, неадекватно большое время жизни пакета, слишком большая «длина» маршрута пакета и так далее). Входящий трафик сравнивается с кортежами отношения, после чего делается об «аномальности» трафика. Несколько измененный подход используется для определения модели «нормального» поведения на основе дерева принятия решений [7]. Дерево решений строится для определения вида отклоняющегося трафика. Статистически высчитывается приемлемое количество маршрутизаторов, через которые проходит трафик перед передачей в сеть «жертвы», и превышение этого числа может означать проведение атаки. Существует необычный подход, где сигнатуры строятся на основе опыта специалистов по информационной безопасности на подобие простой нейронной сети с обучением [8].

Достоинства модели: проста, гибка. Наиболее эффективна против атак, истощающих полосу пропускания сети, или в локальных сетях, где можно составить перечень адресов источников, чьи пакеты гарантированно являются «нормальными».

Недостатки модели: малоэффективна против низкоинтенсивных DDoS, против RDDoS, когда трудно достоверно отличить обычные пользовательские запросы от «зловредных». Модель статична, поэтому трудно подобрать нужный профиль «аномального» поведения, нужно учитывать множество параметров. Также модель бесполезна для предотвращения атак.

2. Основанные на обнаружении аномалий.

Противоположны сигнатурным. Строится общая модель «нормального» поведения, затем входящий трафик сравнивается с ней и если различия превышают допустимый порог, срабатывает «сигнал тревоги» [9]. Исследования ведутся в областях статистических (параметрических и непараметрических) методов, а также интеллектуального анализа данных и нейронных сетей. Последние два подхода активно развиваются для обнаружения низкоинтенсивных атак.

Статистические параметрические методы основаны на вычислении определенного количества статистических параметров «нормального» поведения, например, средних скорости движения пакетов, количества различных IP-адресов, или же пределов числа наступления определенных событий [10][8]. «Эталонные» показатели сравниваются с текущими и делается вывод об «аномальности» ситуации. Системы опираются на посто-

янно пересчитываемые статистические данные за долгий промежуток стабильной работы сети. В непараметрических методах любые действия, происходящие в сети, считаются состояниями, для которых постоянно рассчитывается вероятность. При изменении текущего состояния сети система проверяет вероятность наступающего состояния и если оно ниже, чем вероятность «нормального», то такое событие считается аномальным.

Достоинства модели: эффективны против низкоинтенсивных атак – уменьшение числа новых подключений отразится на среднем их числе. Теоретически способны обнаруживать неизвестные атаки. Не требуют изначальных данных о «нормальном» поведении, рассчитывая параметры «на лету». Скорость обнаружения достаточно высока при наличии рассчитанных данных.

Недостатки модели: большое количество ошибок первого рода из-за индивидуальности сетей и трафика; длительный расчет данных о «нормальном» поведении; чувствительны к выбору статистических распределений.

Для анализа огромных потоков пакетов и выявления DDoS-атак применяют **интеллектуальный анализ данных**. Он основан на поиске шаблонов [11]. Подход позволяет уменьшить объем необходимой для выявления настоящих атак информации. При комбинировании интеллектуального анализа данных с методами искусственного интеллекта или машинного обучения достигается высокая точность обнаружения.

Обнаружение на основе искусственного интеллекта. Подход очень гибок, так как ИИ может адаптировать параметры сети под новые данные. Существуют различные методы, основанные на искусственном интеллекте. Некоторые из них:

1. **Нейронные сети.** Нейроны сети заранее обучаются на данных от пользователей сети. Трафик, выходящий из диапазона «нормально», помечается как аномальный [12][13]. Метод гораздо эффективнее сигнатурного [10].

2. **Байесовские сети.** Подход комбинирует байесовские сети со статистическими методами для прогнозирования результатов или выявления причинно-следственных связей [14]. Они строят графическую вероятностную модель, описывающую множество переменных и их зависимостей по Байесу. Байесовская сеть предоставляет набор обучающих объектов, которые вычисляют модели по данным, хранящимся в сети, и каждая модель кодирует зависимости между всеми переменными.

3. **Нечеткая логика.** Подход основан на гипотезе нечеткого множества, согласно которой рассуждение оценивается, а не точно получается из классической логики [15][16]. Для данной модели разработаны нечеткие оценки для обнаружения DDoS-атак [17], которые используют среднее время между приемами пакетов, а также обнаруживают нарушение IP-адреса в режиме реального времени.

4. **Генетические алгоритмы.** В данной модели применяются генетические алгоритмы – алгоритмы поиска, основанные на механизмах естественного отбора в природе. В нем применяется селекция, кроссинговер, мутации, наследование. Генетические алгоритмы умеют приспосабливать правила классификации со знаниями, собранными из входящего трафика, и выбирать оптимальные параметры для процесса обнаружения, чтобы отличить атаки от обычных данных.

5. **Метод ближайших соседей.** Этот подход обнаруживает аномалии, которые далеки от нормальных экземпляров, и использует меры на основе расстояния или плотности, чтобы найти сходства (или расстояние) между двумя или более экземплярами данных. Аномалии классифицируются по методу k-ближайших соседей.

3. Гибридные системы. Объединяют в себе несколько описанных выше методов, что позволяет увеличить скорость и количество распознаваемых атак, а также уменьшить число ложных срабатываний. Способны обнаруживать атаки, при которых злоумышленник пытается заменить шаблоны атак из баз системы [13]. Сложность и высокая стоимость создания являются недостатками гибридных систем.

Список литературы

1. Douligieris C., Mitrokotsa A. DDoS attacks and defense mechanisms: a classification // Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (IEEE Cat. No.03EX795). IEEE. P. 190–193.
2. Jamie Davis. Regular Expression Denial of Service (ReDoS) | Snyk [Electronic resource] // 02.22.2018. 2018. URL: <https://snyk.io/vuln/npm:harb:20180222> (accessed: 12.03.2018).
3. Я.В.Тарасов. МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ DDOS-АТАК НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 6. P. 47–57.
4. Rejo Mathew. LOW RATE DENIAL OF SERVICE (LDoS) ATTACK DETECTION // GIAP Journals. 1st ed. Thane: Gyandhara International Academic Publications, 2013. 26 p.
5. Sanmorino A., Yazid S. DDoS Attack detection method and mitigation using pattern of the flow // 2013 International Conference of Information and Communication Technology (ICoICT). IEEE, 2013. P. 12–16.
6. García-Teodoro P. et al. Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges // Comput. Secur. Elsevier Advanced Technology, 2009. Vol. 28, № 1–2. P. 18–28.
7. Wu Y.-C. et al. DDoS Detection and Traceback with Decision Tree and Grey Relational Analysis // 2009 Third International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering. IEEE, 2009. P. 306–314.
8. Jyothsna V. A Review of Anomaly based Intrusion Detection Systems // Int. J. Comput. Appl. 2011. Vol. 28, № 7. P. 975–8887.
9. Buragohain C., Kalita M.J., Bhattacharyya D.K. Anomaly based DDoS Attack Detection // Int. J. Comput. Appl. 2015. Vol. 123, № 17. P. 975–8887.
10. Gyanchandani M., Rana J.L., Yadav R.N. Taxonomy of Anomaly Based Intrusion Detection System: A Review // Int. J. Sci. Res. Publ. 2012. Vol. 2, № 1. P. 2250–3153.
11. Garg K., Chawla R. DETECTION OF DDOS ATTACKS USING DATA MINING // Int. J. Comput. Bus. Res. ISSN (Online). 2011. Vol. 2, № 1. P. 2229–6166.
12. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey // ACM Comput. Surv. ACM, 2009. Vol. 41, № 3. P. 1–58.
13. Patcha A., Park J.-M. An overview of anomaly detection techniques: Existing solutions and latest technological trends // Comput. Networks. Elsevier, 2007. Vol. 51, № 12. P. 3448–3470.
14. Kruegel C. et al. Bayesian event classification for intrusion detection // 19th Annual Computer Security Applications Conference, 2003. Proceedings. IEEE. P. 14–23.
15. Chauhan A., Mishra G., Kumar G. Survey on Data Mining Techniques in Intrusion Detection // Int. J. Sci. Eng. Res. 2011. Vol. 2, № 7.
16. Kaur H., Singh G., Minhas J. A Review of Machine Learning based Anomaly Detection Techniques // Int. J. Comput. Appl. Technol. Res. 2013. Vol. 2, № 2. P. 185–187.
17. Shiaeles S.N. et al. Real time DDoS detection using fuzzy estimators // Comput. Secur. Elsevier Advanced Technology, 2012. Vol. 31, № 6. P. 782–790.

РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА» НА СТАРТОВОМ КОМПЛЕКСЕ КОСМОДРОМА

М.О. Ничипорович, Б.Н. Улюмджиева

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. На сегодняшний день в ракетно-космической отрасли все чаще можно слышать о влиянии «человеческого фактора» на те или иные ошибки и неудачи. Поэтому в статье рассмотрена роль человека-оператора на стартовом комплексе космодрома.

Ключевые слова: система «человек-машина», ракетно-космическая отрасль, стартовый комплекс, «человеческий фактор», средства отображения информации

Современный этап развития ракетно-космической техники характеризуется возрастающей сложностью систем и комплексов, а так же ужесточением требований к оперативности получения и достоверности результатов обработки и анализа информации, используемых при оценке технического состояния ракетно-космических комплексов для принятия своевременных решений.

Человек-оператор, осуществляющий свою работу на индивидуальном автоматизированном рабочем месте (АРМ) на космодроме, является неотъемлемым звеном системы «человек-машина». Ни один компьютер и аппарат, каким бы автоматизированным он не был, не сможет проконтролировать процесс пуска ракеты без помощи и вмешательства человека. Он лишь может быть инструментом человека.

Человек-оператор, как правило, выполняет функции по распознаванию ситуации в целом, по обобщению отдельных фактов в единую систему, по решению задач, в которых нет четко определённых правил обработки информации, по решению задач с высокой ответственностью в случае возникновения ошибки [1]. Все это говорит о том, что роль человека на стартовом комплексе заключается в принятии управляющих решений, на которые не способна машина.

Одним из важных преимуществ человека-оператора перед машиной является способность воспринимать и анализировать не только поступающую напрямую информацию, но и полученную по косвенным признакам. Однако на восприятие информации могут влиять некоторые внешние и психофизиологические факторы. Поэтому важно, чтобы рабочее место оператора было оборудовано таким образом, чтобы минимизировать влияние этих факторов.

Многие существующие и проектируемые сложные технические объекты, в том числе объекты ракетно-космических комплексов являются дистанционно управляемыми с помощью операторов. Информация для операторов о текущих состояниях функционирования системы передается в виде значений измерительной информации. Повышение уровня сложности современной техники требует существенного увеличения количества контролируемых параметров при ее функционировании. Количество таких параметров для широкого класса технических систем уже сегодня достигает нескольких сотен и тысяч, что существенно усложняет их восприятие и интерпретацию. В таких условиях роль человека-оператора максимально важна [2].

Анализ статистики пусков различных ракет-носителей показывает, что в большинстве неудачных пусков имеет место такое явление, как «человеческий фактор». Он и является причиной этих аварий. И какова роль человека-оператора в данном случае? В первую очередь, еще на этапе подготовки к пуску человек-оператор должен проверить работоспособность всех систем, а так же корректность их работы. Но зачастую причиной аварий бывают те ошибки, которые изначально трудно обнаружить.

Так как в системе «человек-машина» на космодроме окончательное решение принимает человек, необходимо, чтобы он был высококвалифицированным и опытным. Именно по его командам можно отменить или прервать любую операцию, если того требует ситуация. Поэтому важно, чтобы решение было обоснованным и не повлекло за собой ошибок и трагедий.

Главное для оператора не совершать дополнительных ошибок, а контролировать правильность выполнения работ на стартовом комплексе. При этом ему необходимо

анализировать возникающие ситуации и принимать решения, учитывающие все возможные аспекты и нюансы. От этих решений зависит успех конкретной пусковой кампании, а так же влияние результатов пуска на общую статистику.

В современных условиях автоматизации большинства процессов на космодроме роль человека-оператора по-прежнему остается главной. Именно за ним остается право принятия важных решений, которые машина только помогает реализовать.

Список литературы

1. Сергеев С.Ф. «Инженерная психология и эргономика» Учебное пособие. М.: НИИ школьных технологий, 2008, 176 с.
2. Майданович О.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В. «Перспективные направления развития информационных технологий мониторинга и управления состояниями сложных технических объектов в реальном масштабе времени», International Journal "Information Models and Analyses" Vol.1 , 2012 г.

ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В РАССЛЕДОВАНИИ КИБЕРИНЦИДЕНТОВ

В.А. ПОЗВОЛЕНКО, А.А. ВОРОБЬЕВА

Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики

Аннотация. Целью работы является разработка метода проведения постинцидентного анализа утечек конфиденциальной информации на основе существующих методов расследования и методов лингвистической идентификации пользователей. В результате работы проведён анализ существующих методов расследования утечек конфиденциальной информации и лингвистической идентификации, разработан метод постинцидентного анализа и проведён эксперимент, в ходе которого была вычислена доля верно определённых источников утечки.

Ключевые слова: лингвистическая идентификация, DLP, расследование утечек, киберпреступлений.

Проблема использования анонимности в сети Интернет злоумышленниками имеет долгую историю, однако, она не теряет своей актуальности. Анонимность может использоваться в качестве вспомогательного инструмента при совершении киберпреступлений. Любая современная организация использует компьютеры и компьютерные системы, в которых циркулируют информационные потоки, поэтому не исключены утечки конфиденциальной информации.

Существующие методы расследования утечек конфиденциальной информации могут быть дополнены идентификацией пользователей по лингвистическим характеристикам их электронных сообщений.

Целью работы является разработка метода проведения постинцидентного анализа утечек конфиденциальной информации на основе DLP-систем и методов лингвистической идентификации.

В данной работе разработан алгоритм проведения постинцидентного анализа утечек конфиденциальной информации на основе существующих методов лингвистической идентификации.

Задача установления источника утечки формализована следующим образом: в организации имеется множество пользователей U и их сообщений M , собранных при помощи DLP. Необходимо определить, кто из U является автором сообщения с конфиденциальной информацией m_{conf} . Для решения задачи необходимо произвести: 1) Сбор сообщений от U в сеть Интернет при помощи DLP; 2) Извлечение лингвистических

идентификационных признаков пользователям из сообщений; 3) Извлечение лингвистических идентификационных признаков из m_{conf} ; 4) Определение автора сообщения m_{conf} .

Для достижения цели были выполнены следующие задачи: исследованы существующие методы расследования утечек конфиденциальной информации, в том числе встроенных в DLP-системы; проведен анализ возможности использования методов лингвистической идентификации при расследовании утечек конфиденциальной информации; разработан метод проведения постинцидентного анализа утечек конфиденциальной информации.

Список литературы

1. Воробьева А.А. – Идентификация автора анонимных сообщений Интернет-порталов на русском языке [текст]: отчёт о НИР / А.А. Воробьева // СПб: Университет ИТМО, 2015 - 44 с.
2. Котенко И.В., Саенко И.Б., Полубелова О.В., Чечулин А.А. Применение технологии управления информацией и событиями безопасности для защиты информации в критически важных инфраструктурах // Понятие SIEM-системы, Тр. СПИИРАН, 2012, выпуск 20, 27-56 с.
3. Ellegård A. A statistical method for determining authorship: the Junius letters, 1769-1772.- Göteborg. 1962.
4. Westerhout E. // Definition extraction using linguistic and structural features, Bulgaria, Borovets, - 2009, 61-67 –pp., ISBN: 978-954-452-013-7
5. Williams C.B. A Note on the Statistical Analysis of Sentence-length as a Criterion of Literary Style // Biometrika.- 1940.- Vol. 31 (3-4) .

ФРИЛАНС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ю. В. РАЛКОВА

Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация. В данной статье рассмотрен все более популярный в Республике Беларусь вид заработка – фриланс, а также проблемы законодательного оформления данного вида заработка. Отражены преимущества фриланса как для исполнителя, так и для заказчика определенного вида работы. Рассмотрены особенности деятельности белорусских фрилансеров, а также планируемые изменения в Трудовом кодексе Республики Беларусь.

Ключевые слова: фриланс, хоум-бизнес, Трудовой кодекс.

С каждым днем наша жизнь течет все быстрее и быстрее. По большей части это происходит за счет ускорения информационных потоков. Во главе угла теперь стоит интеллектуальный ресурс, который во всем мире изменил социальную структуру общества. А на вершину поднимаются люди, занятые интеллектуальным трудом. Появились новые формы занятости, позволяющие работать удаленно – заниматься фрилансом. Теперь обеспечить себя достойным заработком можно не выходя из дома.

Несмотря на то, что термин «фриланс» берет свое начало еще в романе «Айвенго» Вальтера Скотта (и там обозначал наемного воина), сегодня это слово все чаще связывается именно с информационной интеллектуальной средой. Фрилансер – это работник, нанимаемый для выполнения определенного вида работ, выполняющий работу без заключения долговременного договора с нанимателем. Работа фрилансера оплачивается непосредственно по факту выполнения заказа. Чаще всего фрилансер предлагает свои услуги через Интернет. Наиболее наполненные фрилансерами сферы – это, безусловно, IT (программисты), журналистика, дизайнеры. В Беларуси чаще всего фрилансом зарабатывают переводчики и программисты.

В настоящее время существует проблема законодательного закрепления фриланса как отдельного вида трудовой деятельности.

Фриланс в Беларуси имеет свои особенности. Как правило, фрилансеры нигде официально не зарегистрированы. На этот счет существует множество мнений. Одни считают фриланс незаконной предпринимательской деятельностью, другие относят фрилансеров к подрядчикам. Регистрируясь как индивидуальный предприниматель, фрилансер сталкивается с проблемой постоянного заключения договоров с заказчиками, оформления бумаг, что значительно усложняет его работу. Но главной проблемой фрилансеров остается трудность в получении оплаты за свою работу и перечислении налогов государству. Первое связано с тем, что фрилансеры предпочитают работу у зарубежных заказчиков и сталкиваются с рядом проблем, связанных с получением заработка. Переводы посредством банковских систем для фрилансеров не являются приемлемыми, так как данные о таком переводе автоматически отправляются в налоговую инспекцию, поэтому фрилансеры редко отдают предпочтение такому виду получения денег, не желая платить налоги государству. Фрилансер в Беларуси может работать легально, являясь индивидуальным предпринимателем, но тогда часто получается, что он начинает работать себе в ущерб – регистрироваться просто не выгодно, особенно, если фриланс является не основным заработком, а дополнительным.

Преимущества фриланса и удаленной работы для исполнителя очевидны: появляется возможность совмещать сразу несколько заказов, для матерей – работать во время декрета.

Для заказчика фриланс во многих случаях обладает очевидной экономической выгодой: появляется возможность сэкономить на обустройстве рабочих мест и материально-технической базы; оплата труда напрямую зависит от качества и количества выполненной работы; оплачиваются исключительно те услуги специалиста, в которых в наибольшей степени заинтересована компания без трат на полный рабочий день;

Стационарное рабочее место, стационарная работа, почти немобильная рабочая сила. А сегодня можно наблюдать серьезные изменения. Первое глобальное изменение – само понятие рабочего места. Оно становится практически эфемерным. Сейчас можно находясь в любом месте работать на любом предприятии, в том числе и зарубежном. И для огромного количества работников рабочее место за столом уже становится абсолютно ненужным. Более того – неудобным. Например, женщины с маленькими детьми. Многим из них значительно комфортнее работать дома, прерываясь при необходимости на уход за ребенком.

Национальная особенность белорусских фрилансеров – избегание налоговых органов, как, впрочем, и любых форм общения с государством. У некоторых из них трудовых книжек нет вообще, у других – находятся в каких-либо организациях, для органов соцзащиты.

Учитывая, что фрилансеры не зарегистрированы, они не являются и плательщиками налогов... и поэтому при выявлении их налоговыми инспекциями, их ждет наказание по статье «Незарегистрированная предпринимательская деятельность», которая предусматривает штраф до 100 базовых величин с конфискацией полученного дохода.

В то же время некоторые юристы утверждают, что рассматривать фрилансера как ИП – в корне неверно, поскольку предприниматель осуществляет коммерческую деятельность, а фрилансер обычно выполняет на заказ творческую работу, а значит, является просто подрядчиком.

Сами белорусские фрилансеры считают, что легально работать невозможно, даже при регистрации ИП: не все заказчики согласны оформлять договор и подписывать много

бумаг. И уж тем более это сложно делать с зарубежными партнерами при разовых заказах. В этом-то и суть фриланса, что все делается быстро, без бумажной волокиты.

Другая общая особенность деятельности белорусских фрилансеров – трудности с получением денег от зарубежных заказчиков. Переводы посредством банковских систем вроде Western Union, MIGOM или «Юнистрим» прельщают немногих: деньги выдаются в белорусских рублях по курсу Нацбанка, а данные автоматически отправляются в налоговую инспекцию. Так что фрилансеры предпочитают интернет-платежи – на постсоветском пространстве наиболее популярны системы WebMoney и «Яндекс.Деньги».

Еще одна болезненная тема – пенсия. Если нигде не лежит трудовая книжка – не начисляется и стаж, то есть на сколько-нибудь достойную пенсию рассчитывать не приходится. Так что фрилансеры накапливают сбережения или покупают недвижимость, либо планируют в конце концов удачно трудоустроиться в штат, либо – по молодости – просто не задумываются о пенсии.

Многие из них хотели бы жить и работать полностью легально, платя налоги и нарабатывая трудовой стаж. Миллиард людей в мире работает на удаленном доступе.

В настоящее время Минтруда подготовило проект изменений в Трудовой кодекс, сейчас он находится на рассмотрении в правительстве. Предлагаются различные изменения, в том числе и узаконить деятельность фрилансеров. Предлагается регламентировать дистанционную форму занятости. Интенсивное развитие информационных технологий открывает новые возможности в сфере труда – выполнение работы на дистанции.

Проект закона прошел стадию согласования, внесен в правительство. В ближайшей перспективе работа над законопроектом продолжится в профильной комиссии в парламенте.

Урегулировать проблему фрилансеров было бы можно, если бы Беларусь переняла опыт США, Германии или других стран, где в законодательстве есть понятие хоум-бизнес (home business, домашний бизнес). Он обычно не требует никакой регистрации, если доход не превышает определенного уровня. Достаточно ежегодного заполнения стандартной налоговой декларации.

Количество удалённых сотрудников растёт по всему миру параллельно спросу на услуги со стороны работодателей.

Мировые биржи фрилансеров и соцсети стёрли границы между заказчиками и исполнителями. Нанять специалиста из любой точки планеты теперь легко, поэтому достойное портфолио и английский язык в активе открывают фрилансерам возможности роста и развития в любой стране.

Удалённые сотрудники выбирают заказчиков, количество рабочих часов и выстраивают график, ориентируясь на свои потребности, а не на штатное расписание.

Не важно, какой бэкграунд за плечами. На рынке фриланса находятся проекты для специалистов любого уровня.

Таким образом, фриланс становится все более актуален для отечественного рынка и требует развития законодательной платформы, позволяющей выйти из тени «свободных» работников.

Список литературы

1. Мурадова, А. Фриланс: Когда сам себе начальник.
2. Антропов, С. Я – фрилансер, или Как навсегда уйти из офиса.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОТИПОВ ПРИ СОЗДАНИИ САЙТОВ

М.А. САРСЕНОВ, Н.В. СЕРГЕЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена прототипированию в web-разработке. В статье описываются задачи, выполняемые прототипом и ценность его использования.

Ключевые слова: прототип, web-дизайнер, целевая аудитория, логика сайта

Как известно многие ошибки которые возникают на начальном этапе разработки того или иного проекта, связаны с неполным пониманием проекта. Упускаются многие детали из внимания, которые в последствие могут дорогого стоить. Для того чтобы избежать или минимизировать эти ошибки и производится прототипирование. Прототипирование сайтов дает нам возможность быстро построить четкую структуру, проанализировать ее. Выявить все недочеты и в кратчайшие сроки устранить, с минимальными потерями времени и финансовых средств.

Что такое прототип сайта?

Создание сайта состоит из нескольких этапов, одним из которых является создание прототипа. **Прототип** – это схема страницы сайта в виде наброска или эскиза, где отображены структурные элементы будущего сайта: меню, кнопки, формы заявок, место для фотографий и т.д.

Многие web-дизайнеры грешат тем, что не принимают участие в проектировании, а занимаются лишь созданием внешнего вида сайта. Это является ошибкой, т.к. именно на этом этапе выстраивается логика и последовательность развития всего проекта.

Для чего нужно прототипирование? Для того чтобы избежать ошибок. Перед тем, как начать создавать дизайн (особенно если дело касается создания сайта), нужно сперва спроектировать примерную схему планируемого проекта. Изначально продуманный прототип снизит затраты как в материальном плане, так и во времени.

Задачи прототипа

Избежать ошибок при разработке (прототип позволяет на начальном этапе работы понять, в нужном направлении мы движемся или нет).

Сократить затраты на разработку (речь идет о сокращении человеко/часов, т.к. если дизайн сайта без прототипа заказчику не нравится, то работа дизайнера будет начата заново, а значит и платить придется больше).

Ускорить работу (когда у вас на руках есть схема сайта, то идеи появляются намного быстрее, нежели, когда вам приходится начинать рисовать с чистого листа и без особого четкого представления общей картины).

*“Проще использовать ластик на редакционной доске,
чем кувалду на строительной площадке”*

Френк Ллойд Райт

Прототипирование позволяет из хаотичного набора данных от заказчика сформировать единый информационный каркас. На этом этапе нам не нужно заморачиваться о цветах, шрифтах или размерах элементов, мы лишь абстрактно передаем суть проекта.

Шаги к созданию прототипа

1. Понять потребность заказчика.

Стоит всегда помнить о том, что каждый сайт выполняет свою задачу. Первым делом необходимо узнать у заказчика, какую именно задачу он ставит перед этим проектом: ознакомление пользователей с некоторой информацией, продажа товара или услуги и т.д. В зависимости от сферы деятельности заказчика выстраивается первоначальная структура сайта. Таким образом будет выбран тип сайта, удовлетворяющий требованиям клиента.

2. Собрать информацию.

Общаясь с заказчиком, вы должны задать ему как можно больше вопросов:

- Какая сфера деятельности заказчика (компании)?
- Какую продукцию он производит или какие услуги оказывает?
- Где расположено производство? - это важный аспект, т.к. на это будет ориентироваться и стиль сайта, и языковая принадлежность.
- Кто является основным клиентом?
- Для чего создается сайт?
- Чего хочет достичь компания (не только в плане сайта, а в целом)? Это поможет понять внутренние мотивы и цели.
- Как организован процесс взаимодействия с пользователями?
- Как организован процесс производства внутри компании?
- В какие сроки производятся услуги или товар?

Задавая уместные вопросы, можно прорисовать очень четко общую картину и понять, какого результата ждет клиент.

3. Определить целевую аудиторию (ЦА).

Целевая аудитория - это люди, которые будут пользоваться тем сайтом, который вы разрабатываете. Для того чтобы успешно решить задачу заказчика, вам нужно уметь решать задачи его клиентов - ЦА. Т.е. по сути, вы должны уметь предугадывать, какими вопросами задастся пользователь, и отвечать на них в каждом из разделов сайта. Таким образом начинается выстраивание логики всего проекта.

Еще одной важной причиной, по которой нужно ознакомиться с ЦА - это чтобы узнать, в каком стиле будет выполнен сайт. Самой собой, что если пользователями ресурса будут бизнесмены, представители IT-компаний и т.д., то стиль будет строгим, цвета и шрифты будут сдержанными. Если же это будет сайт для детей и их родителей, то тут уже стиль будет совершенно другим.

4. Выстроить логику разделов сайта.

Для этого необходимо, используя всю полученную информацию, распределить ее на разделы, которые, как уже говорилось, отвечают на все вопросы пользователей.

5. Нарисовать прототип.

Проанализировав полученную информацию рекомендуется приступить к созданию низкоуровневого или низко детального прототипа. Можно нарисовать на бумаге или на графическом редакторе. Такие прототипы менее трудозатратны и их можно легко протестировать, а затем внести корректировки. После внесения правок можно приступить к созданию высокоуровневого прототипа.

Список литературы

1. Джесс Гаретт. Веб-дизайн: книга Джесса Гаррета. Элементы опыта взаимодействия. – Пер.с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2008

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ ИНТЕРВЬЮ И КАК ИХ ПРОВОДИТЬ

Н.В. СЕРГЕЕВ, М.А. САРСЕНОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена пользовательским интервью. В статье описываются техника проведения интервью, недостатки и положительные стороны получения информации.

Ключевые слова: интервью, пользователь, собеседник, исследователь.

В наше время много IT- компаний, сталкиваются с проблемой получения информации до начала разработки ПО. Существует много методов получения информации. Но наиболее интересным и информативным методом, а также позволяющим напрямую пообщаться с пользователем и узнать его получше, является пользовательское интервью.

Пользовательские интервью могут быть отличным способом извлечь информацию от пользователей для понимания пользовательского опыта. Они дешевы, их легко провести любому, кто может задавать вопросы и записывать ответы.

Прежде чем рассмотрим, как проводить интервью с пользователем, взглянем на некоторые из недостатков интервью:

- Интервью, даже если они являются контекстуальными (например, основаны на наблюдении пользователя при использовании продукта), имеют тенденцию давать представление о том, что люди говорят, что они будут делать или сделали бы, и это иногда (часто даже) не то же самое, что они фактически делают
- Люди имеют проблемы с памятью и часто не могут вспомнить детали так четко, как хотелось бы. К сожалению, это человеческая тенденция пытаться воссоздать и воспроизвести эти детали (это даже не осознанный процесс) и рассказать, как они думают, что что-то произошло, а не как это произошло.
- Пользователи не являются дизайнерами. Интервью должны придерживаться конкретного изучения того, что происходит и как чувствует себя пользователь. Они не должны пытаться заставить пользователя создавать свой идеальный продукт или предлагать улучшения.

Важно учитывать эти недостатки при разработке интервью (или, действительно, при составлении вопросов на месте при изучении того, что вы наблюдали за пользователем). Вы должны также учитывать их при оценке множества интервью пользователей - данные интервью дают вам отправную точку для изучения проблем, но они редко являются конечным пунктом, который бы обеспечил 100% уверенность относительно того, что делать дальше.

Арни Лунд, автор управления пользовательским опытом, сказал: «Найдите своего пользователя, и помните, что вы не являетесь пользователем». Пользовательские интервью - отличный способ познакомиться с вашими пользователями.

Что такое интервью с пользователем?

Пользовательские интервью - это беседа, в которой исследователь задает вопросы и записывает ответы пользователей. Они могут использоваться для изучения

пользовательского опыта, юзабилити продукта или для извлечения демографических или этнографических данных (для того, чтобы в дальнейшем использовать их в создании персоны) среди многих других вещей.

Идеальное интервью проводится двумя UX-исследователями с одним пользователем. Первый UX-исследователь фокусируется на задании вопросов и наведении интервьюируемого в ходе интервью. Второй делает заметки. Если для этого нет возможности пригласить второго исследователя, то видеозапись или аудиозапись собеседования могут быть хорошей альтернативой в фиксировании информации. Важно отметить, что, если один исследователь занимается двумя частями интервью одновременно, то есть риск возникновения трудностей во время проведения интервью, а также в том, что интервью может быть проведено не так качественно.

Типичные темы, включаемые в интервью с пользователем:

- Предыстория (например, этнографические данные).
- Использование технологии в целом.
- Использование продукта.
- Основные цели и мотивации пользователя.
- Больные точки, возникающие у пользователя при использовании продукта.

Не ограничивайте себя этими темами. Если есть что-то, что вам нужно узнать, вы можете спросить своих пользователей об этом. Существует также специальный тип интервью с пользователем, известный как контекстное интервью. Это интервью, которое проводится после (или во время) наблюдения за пользователем, при использовании им фактического продукта. Они очень распространены в юзабилити тестированиях и оценке продуктов.

Подготовка к интервью с пользователем

Подготовка к интервью начинается с выбора пользователей; вы должны убедиться, что вы набираете репрезентативную выборку пользователей для своих интервью.

Следующий шаг – подготовка плана интервью, опираясь, на который вы будете задавать вопросы (если вы не проводите контекстное интервью, и даже в этом случае вы все равно можете подготовить план, но, вероятно, будете часто отходить от него во время интервью).

Некоторые советы для вашего плана:

- Начинайте интервью с объяснения цели - чего вы пытаетесь достичь?
- Объясните, как данные человека и любые собранные вами данные будут использованы после интервью.
- Постарайтесь свести наводящие вопросы к минимуму. Вопрос: «Используете ли вы обмен мгновенными сообщениями?», лучше, чем «Как часто вы используете Snapchat?». Первый позволяет вам изучить, что на самом деле делает пользователь. Последний предполагает, что пользователь работает со Snapchat, и ответ на него будет говорить о степени активности обмена сообщениями.
- Старайтесь сделать интервью не слишком долгим. Если вы прочитаете сценарий вслух, и вам потребуется больше 10 минут, чтобы читать ... это, вероятно, слишком долго. Интервью должны быть в идеале, менее 1 часа, и большая часть времени, проведенного, должна заключаться в рассказе интервьюируемого и слушании исследователя.

Не забывайте, что план интервью - это руководство, а не библия. Если вы найдете по ходу интервью что-то интересное, а в плане нет вопросов, касающихся исследования этой

идеи, исследуйте ее в любом случае. Не стесняйтесь изменять сценарий для использования в будущем. Когда вы планируете свои интервью, неплохо оставить 30 минут или около того между каждым собеседованием, это дает интервьюеру некоторое время делать дополнительные заметки и компилировать свои мысли, пока они еще остаются в голове.

Как провести интервью с пользователем

Проведение интервью - это просто вопрос воспроизведения плана интервью или задания вопросов, которые у вас есть. Однако существует несколько идей, которые сделают этот процесс наиболее полезным:

- Сделайте так, чтобы ваш собеседник чувствовал себя комфортно – старайтесь одеваться не слишком официально (если вы оденете деловой костюм, а собеседник будет в спортивном костюме, это заставит его почувствовать себя как на собеседовании на работу, а не как на тесте пользователя), убедитесь, что они понимают, что вы тестируете продукт или идею, а не самих пользователей, предложите им выпить (безалкогольный напиток), провести небольшую беседу (но только немного), прежде чем начать, и т. д.

- Постарайтесь придерживаться запланированного времени и направлять интервью в нужную сторону - сценарии поэтому и полезны, так как вы можете ссылаться на них для этого

- Попытайтесь сосредоточиться на собеседнике, а не на оформлении заметок – будет выглядеть грубо проводить интервью, зарыв голову в заметках. Поддерживайте зрительный контакт, продолжайте разговор и записывайте собеседование аудио.

- Поблагодарите собеседника в конце процесса - не только, потому что это вежливо, но и вы можете предложить шанс собеседнику задать несколько вопросов.

Отчеты

Опросы пользователей, как правило, дают качественные, а не количественные данные. Компиляция результатов многих интервью может быть сложной задачей. Облако слов и диаграммы связей являются двумя хорошими способами представления качественных данных в интересном и удобном для понимания формате. Письменные отчеты хороши, но попытайтесь сделать из них ключевую информацию, а все мелкие детали оставить в приложении.

Итог

Пользовательские интервью - это дешевый и простой способ получить данные «из первых уст». Тем не менее, важно иметь в виду, что существуют ограничения в этой технике, и вы можете обнаружить, что то что люди говорят отличается от того что они на самом деле делают.

Список литературы

1. Алан Купер. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия. 4-е изд – СПб.: Питер, 2018
2. Джейми Леви. UX-стратегия. Чего хотят пользователи и как им это дать. – СПб.:Питер, 2016

ПОВЫШЕНИЕ ДОВЕРИЯ К WEB - ДАННЫМ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ МЕТАДААННЫХ

А.А. СОЛДАТКИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена проблеме низкого уровня доверия пользователей к сетевым ресурсам. Рассмотрен метод повешения доверия на основе семантических сетей и онтологических описаний.

Ключевые слова: семантика, онтология, метаданные, Web-данные

С развитием сети Интернет все больше людей предпочитают черпать необходимую информацию из «всемирной паутины». Но доверяя непроверенным Web-сайтам, человек может столкнуться с ложными или намеренно искаженными материалами. От риска подмены данных не защищена даже довольно молодая и перспективная технология блокчейн. Несмотря на то, что она имеет большое количество вариантов консенсуса, внутри блокчейна всегда возможна ситуация манипуляции принятия решения по данным в интересах некоторой группы лиц. С другой стороны такие технологии как блокчейн, цифровая подпись и процедуры аутентификации гарантируют только подлинность документа, содержание документа остается за пределами рассмотрения. Поэтому проблема дезинформации остро стоит перед всеми пользователями.

Настоящая статья посвящена поиску эффективного метода оценивания достоверности информации. Такой метод может повысить уровень доверия пользователей к Web-ресурсам и кардинально улучшить взаимодействие с информационными сетями. Управление доверием играет важную роль в Интернете для обеспечения конфиденциальности передаваемых объемов данных.

Термин «доверие» имеет много разных трактовок, но однозначного консенсуса в научной литературе нет. Доверие – это довольно сложное понятие, но его значение в реалиях реального мира огромно. С ним связаны вопросы и идентификации, и безопасной передачи информации и контроля доступа.

На сегодняшний день существует много онлайн сервисов по проверке репутации сайта. Но все они используют глобальные значения, которые являются эффективными для сценариев с тысячами и более посетителей. Но значение доверия – персонально для каждого пользователя. Особенно ярко это проявляется в социальных сетях, блогах, новостных сводках.

В сети Интернет информация зачастую заложена в html-странице и предназначена для понимания человека. Для оценки контекстной информации используется технология Web-semantic. С её помощью извлекаются осмысленные значения из коллекции символов и слов. Обработать такие данные машиной можно используя онтологические описания и семантические сети.

Семантика помогает понять смысл изложенного благодаря своей структуре для описания и связывания данных. В ее основу положена универсальная структура описания ресурса – Resource Description Framework, или, сокращенно, - RDF. Язык RDF позволяет записать утверждения, используя три простых компонента: субъект, предикат и объект.

Таблица 1

Субъект	Предикат	Объект
Уникальный идентификатор объекта	Имеет тип	Класс

С помощью стандартного языка SPARSQL, который специально был создан для извлечения семантических данных, можно делать новые выводы из уже существующих понятий.

Язык RDF дает возможность описывать структуру семантической сети с помощью графа, каждому узлу которого ставится уникальный URI. Полученные утверждения можно интерпретировать с помощью онтологий. Онтология – это наука для описания свойств, типов, а также взаимодействия предметов. Она определяет концепты из некоторой предметной области, с помощью которых машина и понимает семантику.

Для создания онтологий используют язык OWL, который был создан для того, чтобы пользователи, а также поисковые машины могли с легкостью вызывать, обнаруживать и анализировать данные с Web-серверов. Целью языка является сделать возможным использование логического вывода, на основе понимая смысла информации, а не просто на совпадении слов.

Идея систематизации знаний на основе семантической сети была предложена в 1960-х годах учеными Алланом М. Коллинзом, М. Росс Киллианом и Элизабет Ф. Лофтус. Они предложили именовать объекты с помощью URI – унифицированного идентификатора ресурса. Используя URI можно собирать информацию об объекте из разных источников. Машино-читаемые метаданные о Web-ресурсах и о их связях создали сеть гиперссылок. Такой формат одновременно понятен и человеку, и компьютеру.

Для построения информационной структуры сайта и ее анализа используются метаданные. Метаданные, в общем случае, - это сведения о данных. В интернете, где большое количество информации не структурировано, метаданные играют решающую роль в поиске и верной оценке представленных материалов. Они облегчают нахождение персональных данных пользователей и их связей с другой информацией (авторы, местонахождения, социальные связи).

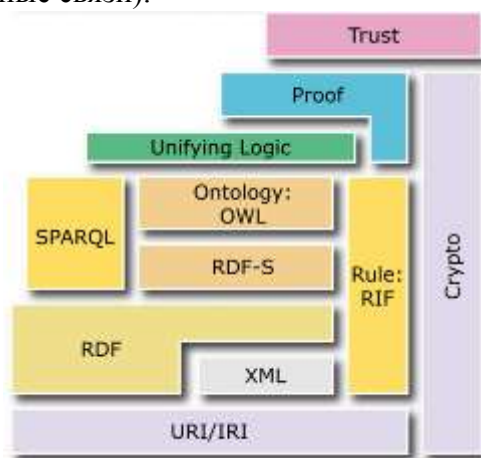


Рис. 1. Стек понятий семантической паутины

Схемы семантики, онтологий и метаданных разнообразны за счет богатого набора языков для описания Web-ресурсов. Если обратить внимание на стек понятий

семантической паутины, то можно увидеть семейства стандартов на языки описания, последней ступенью которых является именно доверие.

Метаинформацией обладает любой сайт в сети Интернет. Используя метаданные можно сделать вывод о природе объекта, о его построении и о способах обращения с ним. Использовать такие данные можно также и для оптимизации. Это позволит поисковым машинам прочесть и проанализировать данные со страницы. Для полного и подробного описания Web-ресурса используется «Дублинское ядро» метаданных.

Набор элементов метаданных «Дублинского ядра» включает в себя 18 элементов: заголовки, язык, создатель, тема, описание, издатель, источник, внесший вклад, дата, тип, идентификатор, формат данных, отношения, покрытие, авторские права, аудитория, происхождение, правообладатель.

Используя онтологическое описание каждого элемента можно создать целостную семантическую модель, которая является одним из способов представления знаний. Такая система делает прозрачной оценку сайта. Ее целью является переход от стандартных методов доверия к распределённой базе знаний, предлагающей пользователям интеллектуальные услуги и обрабатывающей метаданные на семантическом уровне.

Список литературы

1. Глоссарий. <http://glossary.ru>.
2. Осипов В.Ю., Воробьев В.И., Левоневский Д.К. Проблемы защиты от ложной информации в компьютерных сетях. Труды СПИИРАН, 2017, №4(53)-97-117с.
3. Горшков С.С. Введение в онтологическое моделирование. – ООО «ТринитиДата», 2016. – 165с.
4. Куприяновский В.П. Семантика, метаданные и онтологии в приложениях для умного города – новые стандарты BSI. – International Journal of Open information Technologies ISSN, 2017. – 183 с.
5. Гладун А.А. Онтологический анализ ЕЕВ-сервисов в интеллектуальных сетях. – International Conference «Knowledge-Dialogue-Solutions», 2007. – 9 с.
6. Губанов Д.А. Обзор онлайн-систем репутации/доверия. – Институт проблем управления РАН, 2016. – 25 с.
7. Воробьев В.И., Монахова Т.В. Мета-модель защиты метаданных. Информационная безопасность социально-экономических систем: монография /Апатова Н.В. и др./ Под ред. д.т.н. профессора О.В. Бойченко. – Саки: ИП Зуева Т.В., 2017. – 348 с.

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПРОДАЖИ И ОФОРМЛЕНИЯ БИЛЕТОВ НА Ж/Д ТРАНСПОРТЕ ОПЕРАТОРОМ-КАССИРОМ

В. В. УГРЮМОВ, М. А. ЕРЁМИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье кратко описан процесс разработки пользовательского интерфейса системы для операторов-кассиров на ж/д транспорте.

Ключевые слова: прототипирование, АСУ «Экспресс-3», пользовательский интерфейс.

Каждый день компании-разработчиков программного обеспечения (ПО) выпускают огромное количество различных программ. Многие мало чем отличаются друг от друга по функционалу, однако часть из них становятся всемирно известными, а часть так и остаётся никому не нужными.

Из-за чего это происходит? Сейчас всё больше экспертов в области информационных технологий отмечают, что сейчас конкуренция перенеслась из функциональных возможностей в «удобство» использования программ. Поэтому компании-лидеры набирают огромное количество проектировщиков и дизайнеров. Они уделяют большое внимание опыту использования своих продуктов.

Однако всё это касается продуктов масс-маркета. Если взглянуть на профессиональные интерфейсы, программы, которые используют специально обученные люди в своей работе каждый день по многу часов, то можно увидеть, что здесь дела обстоят не так хорошо. Примером одной из таких систем служит система АСУ Экспресс-3, используемая для оформления проездных билетов на ж/д транспорте.



Рис 1. Система АСУ Экспресс-3

Весь интерфейс фактически представляет собой командную строку, только со специальными командами.

В своей работе мы попробовали сделать новую систему, которая была бы более «дружелюбна» к своим пользователям.

Всю работу по проектированию мы разбили на три этапа:

1. Опрос непосредственного пользователя системы.
2. Создание «ассоциативной карты будущей системы».
3. Прототипирование.

1. Опрос непосредственного пользователя системы.

Для того, чтобы понять всю проблематику мы решили расспросить о работе одного из операторов-кассиров на вокзале. Девушка охотно рассказала, как они работают, показала некоторые возможности системы. Также она посоветовала обратиться к учебнику «Продажа и оформление проездных документов во внутреннем железнодорожном сообщении с использованием АСУ «Экспресс» Н. А. Кормаков, А. Г. Павликова, Е. Н. Трофимова, в котором подробно рассказано о работе кассиров.

2. Создание ассоциативной карты будущей системы.

Благодаря книге нам удалось достаточно глубоко вникнуть в предметную область. На начальном этапе мы просто выписывали из нее все возможные команды, сортируя их по разделам: бронирование, оформление, справки, возврат и т.д. После этого мы начали анализировать результат работы. Выяснилось, что некоторые запросы, по сути, дублируют друг друга.

Пример:

Для того, чтобы при прототипировании не допустить таких же ошибок, мы решили составить «ассоциативную карту» будущей системы. У нас было сразу несколько итераций. Часть из них зачеркивались сразу после составления, а часть «прожила» несколько дней. В итоге мы остановились на одной из них.

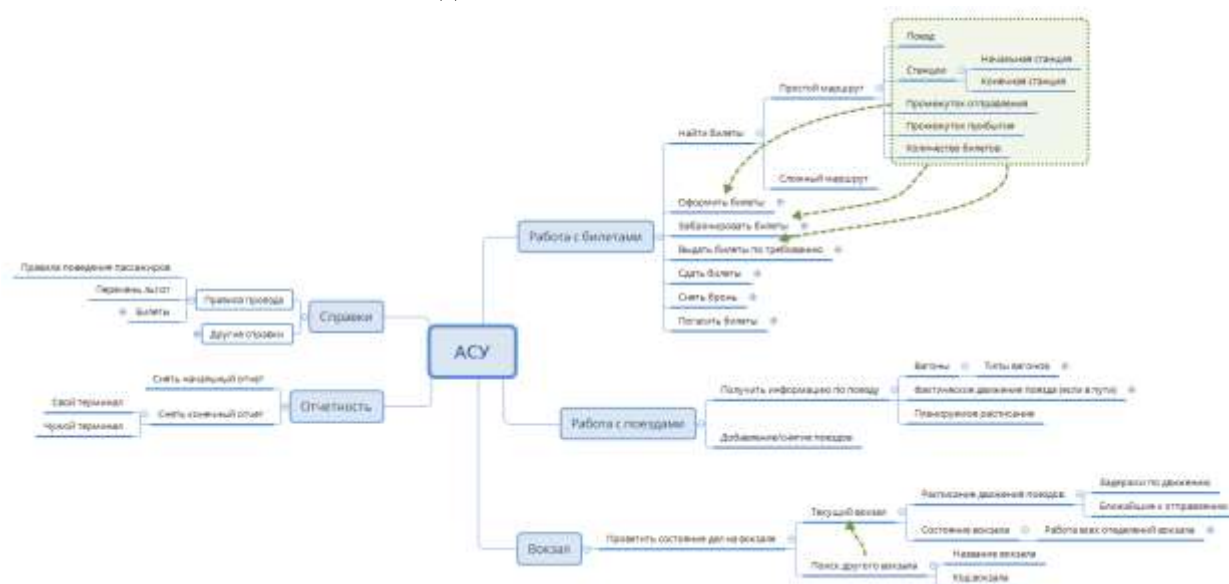


Рис 2. Финальная версия ассоциативной карты

После утверждения карты, мы перешли непосредственно к прототипированию.

В начале этого этапа мы столкнулись с некоторыми противоречиями. Нам было не до конца понятно, как лучше представить всю информацию.

Было ясно, что необходимо быстрое переключение между сущностями: билеты, поезда, вокзал, отчеты, справки. Поэтому переключатель был вынесен слева и стал всегда доступен для пользователя.

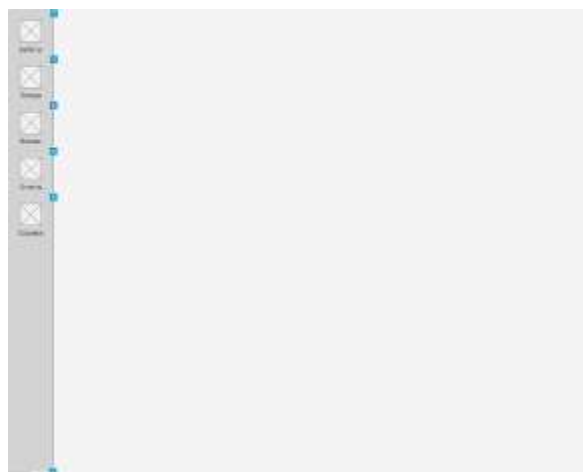


Рис 3. Рабочее пространство с переключателем режимов

Далее мы решили, что после того, как пользователь зашел в какой-то из режимов, ему необходимо выбрать, что он хочет сделать. Например, в режиме «Билеты» он бы мог выбрать между оформлением, отменой операций и гашением билетов.

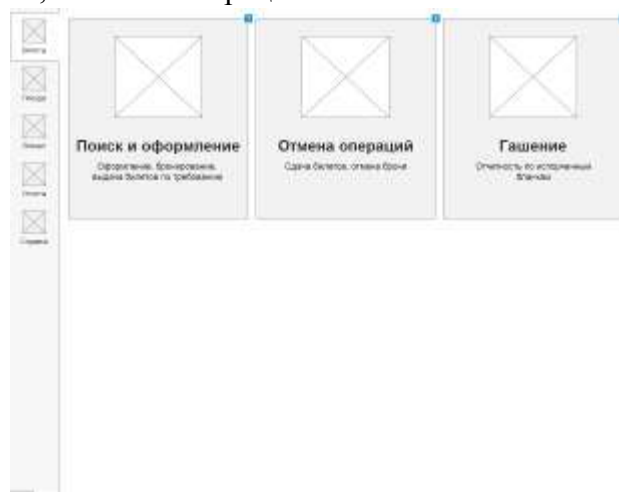


Рис 4. Режим «Билеты» на первой итерации прототипа

Однако через некоторое время мы задумались: «А являются ли все операции равномерно используемыми?». Ведь билеты в кассах оформляют много чаще, чем возвращают.

Тогда мы решили переместить переключатель операций наверх, как показано на рисунке 5, причем по умолчанию будет выбрана самая частая операция.

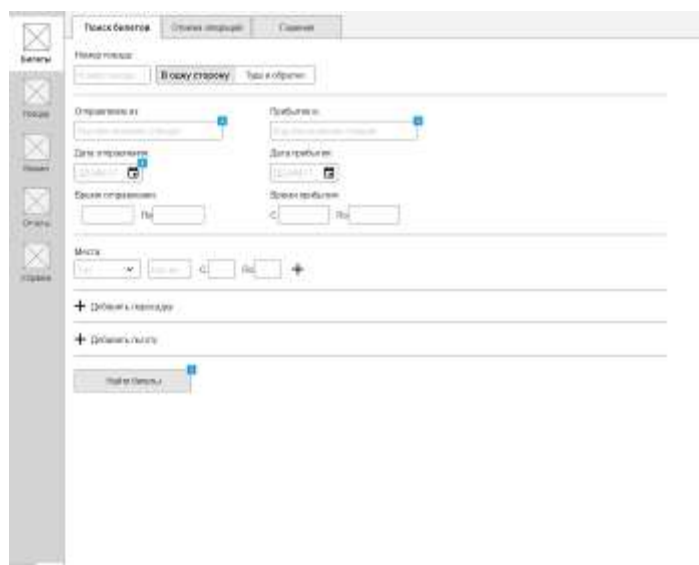


Рис 5. Режим «Билеты» на второй итерации прототипа

Далее по тому же принципу были спроектированы и остальные страницы системы.

После разработки новая система станет более «дружелюбна» к своим пользователям и позволит им быстрее выполнять свои рутинные задачи, а это позволило бы уменьшить очереди в билетные кассы и повысить удовлетворённость работой ж/д транспорта.

Список литературы

1. Н. А. Кормаков, А. Г. Павликова, Е. Н. Трофимова, «Продажа и оформление проездных документов во внутреннем железнодорожном сообщении с использованием АСУ «Экспресс».

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ: ИЗ ЧЕГО ОНА СОСТОИТ

Б. Н. Улюмджиева, М. О. Ничипорович

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье дается обзор того, что требуется для защиты данных с точки зрения безопасности, и, как управлять безопасностью персональных данных. Статья не предусматривает полное руководство по всем аспектам безопасности при любых обстоятельствах и для всех организаций, но определяет основные моменты.

Ключевые слова: информационная безопасность, конфиденциальность, персональные данные, информационный риск.

На современном этапе развития наблюдается стремительно растущая роль информационной сферы в жизни общества. Становясь системообразующим фактором, информационная среда все активнее оказывает воздействие на безопасность, как политическую и оборонную, так и личную. Понятие «информационная безопасность» сформировалось, когда люди стали пользоваться средствами информационных коммуникаций. На современном этапе сохранность конфиденциальности получаемой и передаваемой информации – это жизненно-важный аспект [1].

Первостепенной целью информационной безопасности является обеспечение конфиденциальности. Утечка информации может привести к неблагоприятным последствиям: миллионные убытки в прибыли, преступления и т. п.

Оценка соответствующих мер безопасности в конкретном случае должна учитывать технологические разработки и связанные с этим расходы. Необязательно, чтобы была современная технология безопасности для защиты персональных данных, но следует регулярно пересматривать меры безопасности по мере продвижения технологии. Для обеспечения информационной безопасности нет единого решения для защиты информации, а уровень безопасности, который необходим, должен зависеть от рисков для организации.

Поэтому, прежде чем принимать решение о том, какие меры информационной безопасности надлежит предпринять, необходимо будет оценить информационный риск.

Пример. Организация располагает конфиденциальными личными данными (такими, как информация о здоровье или финансах отдельных лиц), которые могут причинить ущерб или убытки этим лицам, если они попадут в руки других. Меры информационной безопасности организации должны быть направлены на любую потенциальную угрозу для информации или информационных систем организации.

Эта оценка риска должна учитывать такие факторы, как характер и объем помещений организации и компьютерных систем, количество сотрудников в организации, степень их доступа к персональным данным, а также личные данные, хранящиеся или используемые третьей стороной от имени «администратора» (руководство несет ответственность за то, чтобы любой обработчик данных, которым пользуется организация, также имел соответствующую безопасность).

Очень важно, чтобы сотрудники понимали важность защиты личных данных, что они знакомы с политикой безопасности организации, что они применяют свои процедуры безопасности на практике. Поэтому следует предоставить соответствующее начальное и подготовительное обучение, и это должно охватывать обязанности организации о защите данных и об ограничениях на использование персональных данных, обязанности отдельных сотрудников по защите персональных данных, включая возможность того, что они могут совершить уголовное преступление, если они намеренно попытаются получить доступ или раскрыть информацию без полномочий, правильные процедуры, используемые для идентификации абонентов, а также любые ограничения, которые организация размещает на персональном использовании компьютеров персоналом (чтобы избежать, например, вирусной инфекции или спама) [2].

Эффективность подготовки персонала зависит, прежде всего, от того, чтобы эти лица были надежными. Следует принимать разумные меры для обеспечения надежности любого персонала, имеющего доступ к персональным данным.

Важное значение имеют технические меры безопасности для защиты компьютерной информации. Однако многие инциденты, связанные с безопасностью, связаны с кражей или потерей оборудования, а также с удалением старых компьютеров или печатных документов.

Физическая безопасность включает такие вещи, как качество дверей и замков, а также то, защищены ли помещения от сигналов тревоги, освещения безопасности или видеонаблюдения. Тем не менее, это также включает в себя то, как контролируется доступ к помещениям, контролируется доступ посетителей, утилизируются бумажные отходы и сохраняется портативное оборудование.

Пример. В рамках своих мер безопасности организация гарантирует, что информация о портативных компьютерах, выданных сотрудникам, защищена с помощью шифрования, а настольные компьютерные экраны в своих офисах расположены так, что их нельзя рассматривать случайными прохожими. Бумажные отходы собираются в безопасных бункерах и измельчаются на месте в конце каждой недели.

Компьютерная безопасность постоянно развивается и представляет собой сложную техническую область. В зависимости от того, насколько сложны информационные системы организации и технические знания персонала, могут потребоваться специальные рекомендации по защите информации.

При принятии решения о более технической стороне информационной безопасности следует учитывать следующие руководящие принципы.

Компьютерная безопасность должна соответствовать размеру и использованию систем вашей организации. Как отмечалось выше, должны учитываться технологические разработки, но также следует рассматривать затраты при принятии решения о том, какие меры безопасности следует принять. Меры безопасности должны соответствовать деловой практике организации. Например, если есть персонал, который работает на дому, следует принять меры для обеспечения того, чтобы это не поставило под угрозу безопасность. Принятые меры должны соответствовать характеру персональных данных и вреду, который может быть вызван нарушением безопасности.

Как уже отмечалось, нет единого решения для всех организаций. Меры безопасности будут зависеть от структуры, от внешних и внутренних связей организации и от многих других аспектов, поэтому следует принять основанный на оценке риска подход к решению вопроса о том, какой уровень безопасности нужен.

Список литературы

1. Чепурина Т.Н. Актуальность информационной безопасности в современном обществе [Электронный ресурс] // 2015. URL: <https://multiurok.ru/files/aktual-nost-informatsionnoi-biezopasnosti-v-sovremiennom-obshchestvie.html> (дата обращения 05.03.2018).
2. Скрипник Д. Обеспечение безопасности персональных данных [Электронный ресурс] // URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/697/553/info> (дата обращения 06.03.2018).

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Ю. В. ФУРАДЕЕВА

Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация. в данной статье рассмотрен термин «цифровая экономика», а также проведен краткий обзор технологии блокчейн (blockchain) и принципов ее работы. Данная технология появилась не так давно, но уже набрала популярность и обладает потенциально большой значимостью для проведения различных операций благодаря своей защищенности и надежности.

Ключевые слова: цифровая экономика, технология блокчейн, ассоциация, информатизация

В современном мире все чаще используется термин «цифровая экономика». Политики, бизнесмены и ученые пользуются этим определением в своих докладах и выступлениях, повествуя о перспективах финансового развития.

Цифровая экономика — это разновидность коммерческой деятельности, которая касается производства и продажи электронных товаров и услуг.

Если говорить более простыми словами, то цифровая экономика – деятельность, непосредственно связанная с электронной коммерцией, в которую входят: сервисы по предоставлению онлайн услуг, интернет магазины, информационные сайты, зарабатывающие на рекламе и прочие виды деятельности. Так, к цифровой экономике можно причислить практически любые способы заработка в сети Интернет.

В Республике Беларусь с 21 декабря 2017 года произошли глобальные перемены в отношении создания и развития направлений в цифровой экономике, а именно был подписан Декрет Президента Республики Беларусь №8 «О развитии цифровой экономики», включающий меры по либерализации условий ведения предпринимательской деятельности в сфере высоких технологий.

С его принятием в Беларуси не только созданы условия для динамичного развития IT-сферы, но и возникли конкурентные преимущества для привлечения технологий, инвестиций, ведущих специалистов и компаний со всего мира.

Главной целью документа стало создание условий, при которых мировые IT-компании придут в Беларусь, откроют на ее территории свои представительства и центры разработок, а также создадут востребованный в мире продукт.

Второй целью декрета стали инвестиции в будущее: IT-кадры и образование.

Третьей целью стало внедрение новейших финансовых инструментов и технологий.

В комплексе реализация положений декрета позволит решить три стратегические задачи:

- создать благоприятные условия для развития отечественных продуктовых IT-компаний, а также открыть Беларусь для инвестиций со стороны иностранного IT-капитала;
- создать условия для постепенного превращения Беларуси в регионального лидера Восточной Европы в построении цифровой экономики;
- получить уникальные знания и опыт в использовании технологии блокчейн, обороте криптовалют.

Одной из основных целей развития цифровой экономики в Беларуси является внедрение новейших финансовых инструментов и технологий. Ведущие экономики мира еще только присматриваются к этому новому явлению. Беларусь становится фактически первым в мире государством, которое открывает широкие возможности для использования технологии блокчейн.

Это технология распределенного реестра для хранения данных, в которой нет главного устройства. Все участники находятся в одинаковых условиях, то есть без приоритета в правах. Основная идея в том, что массив информации хранится на всех компьютерах, подключенных к системе. Шифрование каждого следующего блока формируется исходя из данных в предыдущем. Попытка проникновения в любой из них немедленно нарушит всю цепочку, и взлом сразу обнаружится.

Благодаря равным условиям всех участников получается достичь стопроцентной честности сделок и защиты операций. Считается, что на текущем этапе развития технологий подделать защищенную через блокчейн информацию невозможно. Это значит, что системе можно доверить проведение самых ответственных, дорогих и сложных операций в банковской, страховой, транспортной и других сферах. Первый сценарий использования блокчейна в Беларуси касается банковских гарантий.

Основные принципы блокчейн: децентрализация и распределенность; безопасность и защищенность; открытость и прозрачность; неизменность уже записанного.

Технологию блокчейн практически невозможно взломать, так как данные хранятся не в одном месте, а распределены на множество компьютеров. Так, чтобы получить доступ к данным для их изменения, необходимо взломать все блоки, а также копии базы на всех компьютерах, а для этого нужны гигантские вычислительные мощности.

Также, чтобы информацию внутри транзакций нельзя было подделать, каждая транзакция внутри блока подписывается электронной цифровой подписью. В подписи используется два ключа – открытый, который необходим для проверки самой подписи, и закрытый, используемый при создании подписи и является секретным. Ключи обеспечивают доступ участникам к той или иной информации.

Технология блокчейн не требует контроля транзакций, данные передаются без участия третьих лиц, напрямую от пользователя к пользователю. Система самодостаточна, и не нуждается в посредниках.

Таким образом, цифровая трансформация экономики является одним из ключевых приоритетов развития государства, так как развитие цифровой экономики позволит повысить уровень заработных плат, а также снизить стоимость услуг за счет отказа от бумажных носителей и внедрения искусственного интеллекта. Блокчейн – это универсальная технология, принимаемая в разных сферах жизни, которая будет полезна в любом проекте, который требует хранения и защиты большого объема данных, а также гарантии выполнения сценариев.

Но, как и любая организация блокчейн требует управления, координатора...

Актуально развитие отраслевой ассоциации. Суть ассоциации проста: она консолидирует усилия ее членов, направленные на развитие сферы предпринимательства, технологии и науки. Основное направление – это *government relations*, потому что тема регуляторной политики в этой сфере крайне актуальна. Сделать упор необходимо именно на саму технологию, ее развитие и имплементацию в бизнес, и, возможно, госструктуры.

Как и любое нововведение блокчейн требует разъяснений и обучения, что также станет прерогативой ассоциации. Технология относительно нова, экспертов, к сожалению, сейчас крайне мало, но рынок растет бешеными темпами. Необходимо создать школы, онлайн-курсы, тренинги для полноценной подготовки специалистов. Понятно, что в первую очередь, в этом заинтересованы члены ассоциации, в наращивании своих кадров. Эта проблема актуальная: сейчас компании просто набирают программистов разного уровня и сами погружают их в блокчейн, тратят собственное время и ресурсы.

Одно из направлений ассоциации – массовая адаптация. Есть необходимость рассказывать, в первую очередь, бизнесу, что такое эта технология, для чего она нужна или не нужна. Часто бывает, слышал про блокчейн-технологию и хочу ее применить. Блокчейн – это круто, но не стоит использовать его без разбора. Во многих случаях он просто не нужен, и надо оставлять бизнес-процессы так, как они и работают. Поэтому следует проводить информационную обучающую политику для масс, для бизнеса.

В ассоциации следует сформировать экспертный совет, располагающий экспертами в своих областях касательно блокчейна: технические эксперты, бизнес-анализ в блокчейне, юристы и представители госорганов.

Таким образом, информатизация представляет собой глобальный процесс, связанный с кардинальным изменением характера мирового экономического и социального развития, переходом к наукоемкому производству и новым видам информационного обмена. Этот процесс воздействует на большинство сфер деятельности человека, существенно меняя при этом само мировое сообщество, социально-экономические отношения в нем, уровень

и качество жизни всех членов общества. Информатизация создает не просто новые условия труда и жизни – она создает новую среду обитания, новый тип отношений человека с миром и в конечном счете новую ступень цивилизации – информационное общество.

Список литературы

1. Декрет Президента Республики Беларусь №8 «О развитии цифровой экономики»: принят 21 декабря 2017 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа URL : <http://www.pravo.by>. (дата обращения: 13.02.2018)
2. Худорожков Р. Blockchain всемогущий: чем он полезен для банков // Bankir.ru. Режим доступа URL : <http://bankir.ru/publikacii/20151106/blockchain-vsemogushchii-chem-on-polezen-dlya-bankov-10006885>. (дата обращения: 20.02.18)

ЭРГОНОМИКА И СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ДЛЯ БУДУЩЕГО

ХО ТХЮ ХАНГ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Эргономика может многое предложить для решения основных деловых проблемы, связанные с работой и системами продуктов/услуг. Однако потенциал эргономики недоиспользуется. Проблемы определения объекта исследования эргономики и тех сторон в этом объекте, которые она изучает, т. е. выявления её дисциплины исследования, представляются особо важными для формирующейся научной дисциплины. В моем докладе, я опишу основные характеристики эргономики, создаю значение эргономики для ключа сторон, участвующих в разработке системы и наконец, затем определяю влияния развития в мире на эргономику я предлагаю стратегическое расположение дисциплины “Эргономика”.

Ключевые слова: эргономика, фундаментальные характеристики, системные субъекты, системные эксперты, системные решения, системные факторы, события в мире, усиление спроса, усиление применения, высококачественные эргономики, сообщество эргономики.

Эргономика - это исследование взаимодействия между человеческого тела, продуктов и окружающей среды. Эргономика имеет большой потенциал для содействия разработке всех видов системы с людьми (рабочие системы, системы продуктов/услуг), но сталкиваются с трудностями в готовности своего рынка и поставки высококачественных приложений. Эргономика имеет уникальную комбинацию из трех фундаментальные характеристики: она требует системный подход, управляет проект и фокусирует на двух близких результатах: производительность и благополучие. Эргономика требует системный подход, в которых люди взаимодействуют со своей средой. Окружающая среда сложная и состоит из физической среды, организационной среды, а также социальная среда. Система может быть системой работы (где человек является рабочим и окружающая среда является рабочей средой) или системой продуктов/услуг (где человек является пользователь продукта или лицо, получающее услугу, и окружающая среда - это среда, в которой продукт используется или когда услуга получена). Эргономика стремится улучшить производительность и благосостояние посредством проектирования систем, она может участвовать во всех стадиях планирования, проектирования, внедрения, оценки, технического обслуживания, редизайна и непрерывности совершенствование систем. В центре внимания эргономики - совместное повышение производительности (например, производительность, эффективность, инновационность, гибкость, и т.д.) и благополучие

(например, здоровье и безопасность, удовлетворение, удовольствие, обучение, и т.д.), лучше всего интегрируя интегральное целое и интегрируя человека в системы лучше.

Вклад эргономики в проектирование системы зависит от «спроса на эргономике» на сторон, участвующих в разработке системы. Спрос на эргономике зависит от воспринимаемой ценности эргономики заинтересованными сторонами, которые прямо или косвенно участвуют в разработке системы. Чтобы иметь возможность поставлять, эргономика должен показать, что она может предоставить ценность этим заинтересованным сторонам, чтобы быть уважаемым и требуемого партнера в процессе проектирования. Можно выделить четыре основные группы заинтересованных сторон системы проектирования: «Системные субъекты», «Системные эксперты», «Системные решения», «Системные факторы». Системные субъекты: эта группа заинтересованных сторон может быть разделена на субъектов рабочих систем (сотрудников) и субъектов системы продуктов/услуг (пользователи продуктов, сервисные приемники). Сотрудники могут использовать эргономический дизайн рабочих систем, поскольку он обеспечивает благополучие с точки зрения, например: улучшение физического, психологического и социального благополучия (здоровье и безопасность, например, путем оптимизации рабочих сред); повышенная мотивация, рост и удовлетворенность работой (например, благодаря свободе действий и возможности расти и учиться); улучшенная производительность (например, производительность, ведущая к внутренней или внешней награде). Пользователи продуктов/получатели услуг могут воспользоваться разработкой эргономикой систем продуктов/услуг, поскольку они обеспечивают благосостояния и производительности с точки зрения, например: лучший опыт, сокращение времени ознакомления, лучшая подгонка продуктов/услуг к индивидуальным характеристикам/потребностям, меньше ошибок, более высокая эффективность. Системные эксперты: эта группа заинтересованных сторон состоит из множества специалистов из технических и социальных наук которые могут быть задействованы при проектировании систем, например (промышленная) инженерия, информация технологии/компьютерные науки, психология, консультации по вопросам управления, дизайн, управление объектами, управление операциями, управление персоналом, дизайн интерьера, архитектура. Эти профессионалы стремятся разработать систему, которая хорошо работает в соответствии со стандартами их соответствующих профессий, а также требованиям системных лиц, принимающих решения. Эргономика может помочь достичь эти цели, поскольку вклады эргономики помогают обеспечить: лучшее принятие пользователями разработанных систем; лучшая производительность; лучше соответствовать (юридическим) стандартам (например, здоровье и безопасность, доступность, профессиональная этика); улучшенный процесс разработки (например, более эффективная консультация пользователей), и т.д. Системные решения: эта группа заинтересованных лиц состоит из лиц, принимающих решения (например, менеджеров, покупателей), которые принимают решение о дизайн (например, требования, окончательный дизайн) рабочих систем и систем продуктов/услуг. Управление (например, в компаниях) направлено на достижение отличной производительности рабочих систем с наименьшее использование ресурсов. Типичными ключевыми показателями эффективности рабочих систем являются производительность (количество произведенных продуктов и услуг за раз), время, необходимое для выполнения определенной задачи, и качество продукции/услуг. Лица, принимающие решения о рабочих системах, могут извлечь выгоду из эргономики, поскольку она обеспечивает производительность с точки зрения, например: повышение

производительности за счет сокращения времени выполнения рабочих процедур (например, путем оптимизации рабочего оборудования, рабочего потока или квалификации работника), лучшее качество и надежность производственных процессов и произведенных товаров и услуг (например, путем оптимизации рабочего оборудования, инструкций по эксплуатации или рабочей квалификации), снижение эксплуатационных расходов из-за более низкого уровня проблем со здоровьем, мотивационных дефицитов, несчастные случаи, прогулы и связанные с ними потери производительности (например, посредством улучшения условий работы), и т.д. Системные факторы: Эта разнообразная группа заинтересованных сторон (например, правительства, организации по стандартизации, регулирующие органы, граждане) имеет общественный интерес к системе работы и система продуктов. Эргономика может одновременно способствовать двум общим целям: социальное богатство людей и общества в целом (через результат благосостояния системы эргономики), экономическое богатство отдельных лиц и общества в целом (благодаря результату разработки системы эргономики). Каждая из групп заинтересованных сторон могла бы извлечь выгоду из вклада эргономики в проектировании систем.

События в мире оказывают значительное влияние на системы. Эти события и их значение эргономики необходимо определить с тем чтобы изложить стратегию на будущее. Не пытаясь быть полным, я описываю некоторые глобальные тенденции в отношении изменений, влияющих на эргономику. Первое событие - культурное разнообразие. Разнообразный набор людей с различными культурами, а также различные характеристики и стремления становятся частью рабочих и потребительских систем. Среды, которые были должным образом предназначены для одной группы людей, могут не подходить для других групп людей. Эргономика может решить эту тенденцию культурного разнообразия, внося свой вклад в межкультурный дизайн производственных и распределительных систем, которые соответствуют разнообразной рабочей силе, а также кросс-культурный дизайн продуктов и услуг, которые соответствуют разнообразию пользователей. Второе событие - старение. В некоторых странах происходят демографические изменения, известные как старение населения, вызванных сочетанием более продолжительной продолжительности жизни. Как следствие, большая часть пожилых людей стала частью работы и продуктов/услуг. Среды, которые были предназначены для нынешней группы людей, могут не быть подходящим для пожилых людей в системе. Другим следствием старения является увеличение актуальность оборудования, мебели, ИТ-устройств, услуг и т. д., ориентированных на пожилых людей на работе и адаптированы к его характеристикам. Эргономика может способствовать обеспечению того, чтобы рабочие системы и продукты/услуги соответствовали пожилым людям, принимая во внимание возрастные изменения физических, когнитивных, визуальных и других возможностей и различные устремления. Эргономика может помочь разработать более универсальные системы, которые лучше подходят для широкого круга групп. Этот подход применяется не только к людям разных возрастных групп, но и к людям с ограниченными возможностями, ожирение или другие возможности и устремления («дизайн для всех»). Третье событие - информационные и коммуникационные технологии. Развитие информационных технологий привело к большим изменениям в организации работы и организационном дизайне. К ним относятся больше внимания к совместной работе, росту виртуальных организаций, удаленной работе, включая работа из дома, угасание границ между профессиональной и личной

жизнью. Специалисты эргономики могут внести свой вклад в разработку систем, позволяющих людям работать вместе и информации по организационным границам. Например, эргономика может влиять на дизайн виртуальных социотехнических систем, показывая, насколько доверие и сотрудничество могут быть улучшены, когда члены команды работают удаленно и общаются по технологиям. Эргономика также может вносить вклад в разработку естественных пользовательских интерфейсов в человеко-компьютерных взаимодействиях. Четвёртое событие - повышенная конкурентоспособность и потребность в инновациях. Эргономика может внести вклад в обновление бизнес-стратегий и инноваций несколькими способами. Эргономика может способствовать творчеству для инноваций, может способствовать инновациям в области продуктов/услуг, разрабатывая новые продукты и услуги с уникальными удобствами использования и опыта, а также может помочь компании внедрять инновационные процессы и путем предоставления новых эффективных и эффективных способов производства продуктов и услуг. Пятое событие - устойчивость и корпоративная социальная ответственность организации. Устойчивость - развитие, отвечающее потребностям настоящего, без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности - включает внимание к естественным и физическим ресурсам, но также внимание к человеческим и социальным ресурсам (люди) в сочетании с экономической устойчивостью (прибыль). Плохие или минимальные стандарты в области охраны здоровья и безопасности могут повредить имидж компании. Эргономика может способствовать разработке мероприятий и программ, направленных на объединение людей и измерение прибыли устойчивости и социальной ответственности за счет оптимизации производительности и благосостояния.

Из анализа характеристики и влияний эргономики, я предлагаю стратегии развития эргономики на будущее:

(1) Усиление спроса на высококачественную эргономику путем повышения осведомленности заинтересованных сторон о том, что такое эргономика (в частности, для системных экспертов и системных решений): Общение с конкретными заинтересованными сторонами о ценности высококачественной эргономики, построение партнерских отношений с этими заинтересованными сторонами и их представляющими организациями, просвещение заинтересованных сторон в целях повышения осведомленности о высококачественной эргономике и её вкладе к проектированию системы.

(2) Усиление применения высококачественной эргономики путем: содействие образованию специалистов эргономики для применения высококачественной эргономики, обеспечение высоких стандартов качества приложений эргономики и специалистов эргономики, поощрение передового опыта исследований эргономики в университетах и других организациях.

Эти два стратегических элемента взаимосвязаны. Более высокий спрос на высококачественную эргономику может привести к большему применению высококачественной эргономики, а также доступность применения высококачественной эргономики может стимулировать спрос на высококачественную эргономику. И особенно, сообщество эргономики является основным действующим лицом в этом предложении стратегии. Он может функционировать на трех уровнях: глобальном обществе эргономики (международной ассоциации эргономики (МАЭ)), местных обществах (например,

ННБ VI, Санкт-Петербург, 22 – 24 марта 2018

Федеративные общества МАЭ и сети МАЭ) и отдельных лиц (эргономические исследователи, преподаватели, консультанты, разработчики политики).

Я анализирую характеристики и влияния эргономике в системе, предполагаю стратегическое направление для будущего дисциплины “Эргономика”. Разработка и реализация стратегического плана действий для этой дисциплины в целом требует долговременных и совместных усилий всего сообщества эргономики. Внешнее сообщество признает дисциплину “Эргономика” как важный партнер для успешного проектирования систем.

Список литературы

1. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основны эргономики. [Электронный ресурс]. URL: <http://log-in.ru/books/osnovy-ergonomiki-zinchenko-v-p-raznoe/> (дата обращения: 27.01.2018).
2. Березкина Л.В., Кляуззе В.П. Эргономика — Изд-во: “Вышэйшая школа”, 2013 — 432с.

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖИНЕРИЯ

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЧАТ-БОТОВ НА ПЛАТФОРМЕ .NET

А.В. БЕРЕЖНЫХ, Д.А. ГРИГОРЬЕВ

Санкт-Петербургский Государственный университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются основные проблемы при разработке коммуникационных интерфейсов, а также различные архитектурные подходы и технические приёмы, использованные для решения данных задач в библиотеке BotPlatform.

Ключевые слова: чат-бот, проектирование архитектуры, принципы объектно-ориентированного программирования, BotPlatform

Чат-боты – один из наиболее популярных, простых и эффективных коммуникационных интерфейсов различных сервисов для взаимодействия с пользователями социальных сетей и мессенджеров [1]. При этом актуальны решения, которые облегчили бы их создание, сопровождение и независимость от конкретной социальной платформы. Существующие решения для создания коммуникационных интерфейсов можно разделить на два типа:

- Бесплатные веб-конструкторы. Они имеют низкий порог вхождения – пользователь может не обладать навыками в программировании и проектировании интерфейсов. Однако пользователь не сможет внести изменения в программную логику, переписать или оптимизировать её под нужды конкретного проекта [2].
- Профессиональные решения для облачных сервисов, например, Bot Framework от Microsoft [3], обладающий правильной идеологией абстрагирования от деталей – разработчик концентрируется на разработке бизнес-логики, в то время как задачи предоставления программных инструментов и библиотек, а также подключения и адаптации к большинству популярных сервисов, фреймворк берёт на себя [4]. Однако для простых чат-ботов эти возможности избыточны, а изучение его программной архитектуры затруднительно для студентов и начинающих разработчиков на .NET.

В данной работе предлагается возможный вариант подобной библиотеки, оформленной в виде open-source проекта BotPlatform [5]. Данный проект является хорошим примером задания, позволяющего студентам последовательно изучать Microsoft .NET и основы объектно-ориентированного дизайна. Ниже приведены основные требования, возникающие при разработке подобной библиотеки, а также способы их реализации в BotPlatform.

1. Независимость от программного интерфейса (API) социальных платформ. Для того, чтобы повысить охват целевой аудитории, программная архитектура чат-ботов не должна напрямую зависеть от конкретной социальной платформы и, в то же время, адаптация к новым платформам не должна занимать много времени. Такие цели можно достигнуть, если при разработке соблюдать основные принципы гибкого объектно-ориентированного дизайна (SOLID) [6]. Например, из API всех основных социальных платформ можно выделить единый интерфейс для чат-ботов (IBot), поведение которого

соответствует контроллеру сообщений (приём и отправка сообщений, загрузка вложений), а также определяет работу с пользовательским интерфейсом (API одних платформ предоставляет чат-ботам графический интерфейс, например, reply- и inline- кнопки в Telegram, другие - лишь текстовый). Независимость от конкретной платформы достигается выделением описанного выше интерфейса чат-бота (IBot) и интерфейса сообщения от пользователя (IMessage), содержащего информацию об отправителе и содержании. При таком подходе для переноса чат-бота на новую социальную сеть или мессенджер необходимо лишь реализовать эти интерфейсы под конкретный сервис, не меняя основную бизнес-логику.

2. Функциональная масштабируемость. Все нижележащие сервисы, для работы с которыми создаются чат-боты, не бывают статичны и со временем расширяют свою функциональность. Поэтому программная архитектура должна предоставлять возможность модульной конфигурации добавляемых в систему команд [7]. В BotPlatform реализован механизм автоматического добавления новых команд в систему чат-бота за счет создания отдельных классов-модулей. Тем самым соблюдается принцип открытости/закрытости (OCP) [6]. Модули содержат конструктор по умолчанию и реализуют интерфейс ICommandModule, в единственном методе Initialize которого, происходит добавление команд (их названия, функции-обработчики и ограничения на классы чат-ботов, способных выполнять данные команды) в общий репозиторий команд. Этот репозиторий представлен классом CommandCenter и реализован в виде глобального статического класса (возможна реализация по паттерну Singleton [8]). Он позволяет добавлять, удалять или асинхронно запускать обработку команд (функция ExecuteAsync [9]), где из них формируется экземпляр команды.

```
public async Task<bool> ExecuteAsync(IMessage message, IBot bot, object arg)
{
    /* Проверяет, есть ли команда в системе */
    if (Commands.TryGetValue(message.Text, out Command command))
    {
        /* Проверяет, может ли бот данного типа выполнять эту команду */
        if (command.BotType.IsInstanceOfType(bot))
        {
            return await command.Execute(message, bot, arg);
        }
        else return false;
    }
    else return false; /* true - если обработка успешна */
}
```

Рис. 1. Метод CommandCenter.ExecuteAsync, запускающая обработку команды

На Рис. 2. приведена схема создания нового модуля команд и добавления его в систему. Отметим, что дженерик <TelegramBot> в методе CommandCenter.Add нужен для того, чтобы ограничить типы чат-ботов, способных выполнять добавляемую команду. Это бывает необходимо, например, при использовании в обработчике команды дополнительной функциональности, выходящей за рамки интерфейса IBot.

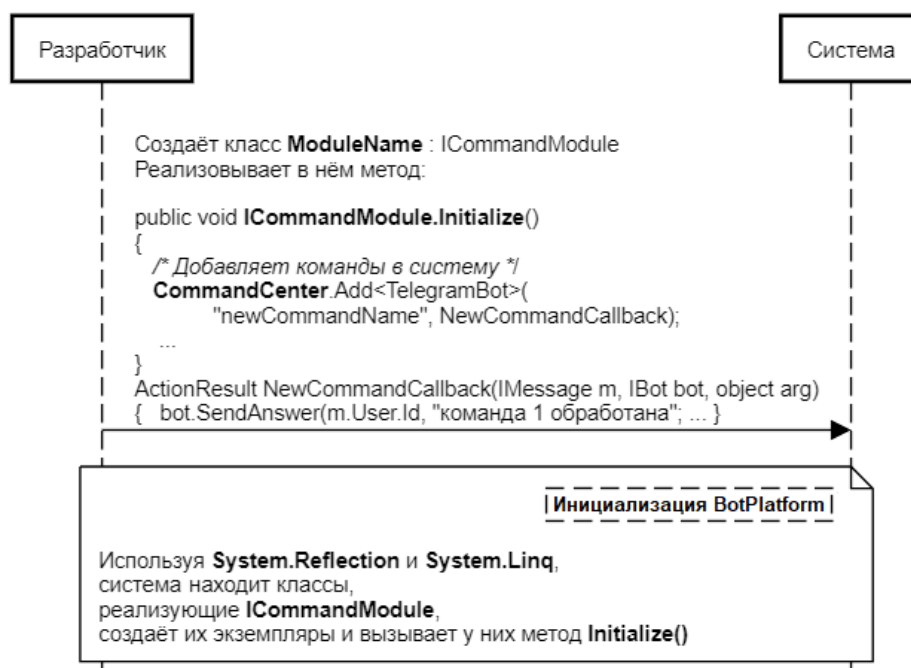


Рис. 2. Механизм добавления новых команд в систему.

3. **Взаимодействие с пользователем.** Как правило, можно выделить два типа сообщений от пользователя: запрос-ответ (команда, не связанная с предыдущим сообщением), и контекстный диалог (т.е. ответ на команду невозможен без предыдущего сообщения от пользователя).

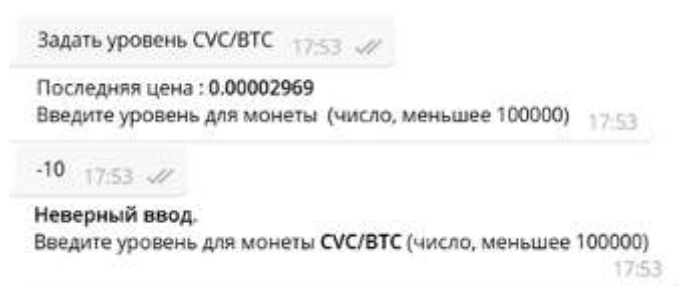


Рис. 3. Сообщение «-10» имеет контекст ввода данных, полученный из сообщения «Задать уровень...»

Примером служит необходимость проверки корректности введенных данных (Рис. 3). Здесь выделяются два состояния: Done (получен корректный ответ от пользователя), иначе - Failed. Для реализации контекстных диалогов у модели пользователя (Рис. 4) есть ссылка на кортеж Context. В него включается предикат Regex из System.Text.RegularExpressions, определяющий корректность ввода и по умолчанию возвращающий true для любого сообщения. Кроме того, в нём присутствуют обработчики Done/Failed, позволяющие начать обработку команды или вывести предупреждение об ошибке. Обработчики команд могут изменить контекст с помощью метода SetContext. В заключение стоит отметить, что при необходимости сохранения и восстановления информации о пользователях чат-бота потребуется реализовать класс, имплементирующий интерфейс IRepository<User>. Таким образом становится возможным добавлять, удалять и получать модель каждого пользователя из локального или облачного

хранилища по его id, принятого от конкретной социальной платформы в метаданных полученного сообщения.

```
public class User {
    public readonly string Id;
    protected (Regex contextPredicate, Callback Done, Callback Failed) Context;
    /* Устанавливает контекст по умолчанию */
    public virtual void SetDefaultContext()
    {
        Context = (contextPredicate: new Regex(".*"), /* Принимает любые сообщения */
            Done: (message, bot, arg) =>
            {
                /* Запускает обработку команды */
                CommandCenter.Instance.ExecuteAsync(message, bot, arg);
            },
            Failed: (message, bot, arg) => { });
    }
    public virtual void SetContext(Regex regex, Callback done, Callback failed)
    {
        Context = (contextPredicate: regex, Done: done, Failed: failed);
    }
    /* Бот при получении нового сообщения от пользователя передаёт его сюда */
    public void ExecuteCurrentContext(IMessage message, IBot bot, object arg)
    {
        /* Проверка, соответствует ли сообщение контексту */
        if (Context.contextPredicate.Match(message.Text).Value == message.Text)
            Context.Done(message, bot, arg);
        else Context.Failed(message, bot, arg);
    }
}
```

Рис. 4. Модель пользователя

Библиотека BotPlatform нашла применение при разработке реальных проектов для ВКонтакте и Telegram. Примером может служить @AnalyticSpyBot (более 1000 пользователей [10]). Он обладает многоступенчатой пользовательской и администраторской функциональностью, включает возможность автоматической генерации пользовательского интерфейса, контекстными диалогами, широковещательной системой информирования с персонифицированными сообщениями для каждого пользователя, глобальной системой опросов и голосований. Будучи простым в использовании, решение BotPlatform может использоваться для изучения платформы .NET и SOLID-принципов объектно-ориентированного дизайна.

Список литературы

1. Ильина А. А. Исследование бот-чатов в современном мире // Синергия наук, том 1, №17, 2017, с. 487-492
2. Лыжин И. Г. Разработка универсальной клиент-серверной системы проверки заданий [Электронный ресурс] // URL: <https://4science.ru/events/sfy2016/theses/a69fcdbae27c48d7b03bc4250f4e56fb> (дата обращения: 05.03.2018)
3. Michael Washington. An Introduction to the Microsoft Bot Framework, 2016.
4. Гладкова Ю.П, Трофимушкин А.С. Разработка чат-бота на платформе ASP.NET Core и Microsoft Bot Framework и публикация приложения в Microsoft Azure. // Гагаринские чтения 2017, с. 704
5. Библиотека BotPlatform, URL: <https://github.com/DedSec256/BotPlatform.NET>
6. Боб Мартин. Принципы, паттерны и методики гибкой разработки на языке C#. - СПб.: Символ-Плюс, 2011
7. Потапов Д.А. Обзор технологий создания чат-ботов // ЕО IPSO, №4, 2017, с. 5-8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН ПОКРЫТИЯ СИСТЕМАМИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

И.М. Дронников

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе описывается сравнение навигационных спутниковых систем, их характеристик. Выявляются критерии, по которым можно оценить эффективность той или иной системы. А также производится разработка программного средства, позволяющего оценить приоритетность использования спутниковых систем связи.

Ключевые слова: спутниковая связь, навигация, зоны покрытия, GPS, Glonass, Beidou, Galileo.

Проблема

При использовании навигационных спутниковых систем очень важна точность полученных координат, а также скорость, с которой они получаются, что в первую очередь обеспечивается хорошей зоной покрытия спутниковых систем, которые обладают различными свойствами и целями применения.

Цель исследования

Изучение моделирования покрытия Земли спутниковым сигналом, создание программного средства, позволяющего оценить зоны покрытия различными спутниковыми системами в определённом месте в определённое время.

Актуальность исследования

Высокая точность координат является ключевым моментом во широком спектре отраслей. На текущий момент существует несколько негеостационарных спутниковых систем. Большинство из них создавалось для военных целей. Какие-то системы используются для работы в определённых странах. Данное исследование поможет понять, какие системы актуальнее использовать в различных случаях.

Обзор предметной области

С целью изучения поиска оптимальных в использовании спутниковых систем, был проведён анализ аналогов негеостационарных навигационных спутниковых систем.

GPS: Система является национальной системой США. На данный момент система GPS позволяет получить два вида услуг: услугу стандартного позиционирования, доступную всем потребителям, и услугу точного позиционирования, для санкционированных потребителей, представленными вооружёнными силами США. Наземный комплекс управления, состоящий из контрольных станций и центра управления, располагается преимущественно на территории США и со дружественных странах. На территории РФ оборудование отсутствует.

Glonass: Система является национальной системой Российской Федерации. В данный момент система Glonass предоставляет два вида услуг – стандартной и высокой точности. Сигнал стандартной точности используется отечественными и зарубежными гражданскими потребителями, доступен для всех. Наземный комплекс управления, состоящий из контрольных станций и центра управления, располагается исключительно на территории РФ.

Beidou: Система является национальной системой Китая. Предоставляет два вида глобальных и два вида региональных услуг. Глобальные услуги - услуги с открытым и санкционированным доступом. Региональными являются услуги широкозонной дифференциальной коррекции и услуга передачи коррекции, то есть использование в военных целях. На данный момент, наземный комплекс управления является централизованным и располагается на территории Китая.

Galileo: Система является разработкой Европейского Союза. При создании предполагалась независимость стран членов союза в сфере навигационного обеспечения. Может предоставлять потребителям услуги в трёх режимах: открытая услуга, для всех потребителей, коммерческая услуга и услуга с регулируемым государственным доступом. Центры наземного комплекса управления расположены преимущественно на территории стран Евросоюза. На территории США, России и Китая станций нет.

Сравнение аналогов по характеристикам

Сравнение по характеристикам спутниковых систем, рассмотренных в предыдущем разделе, представлено в табл.1.

Таблица 1

Сравнение аналогов

	GPS	Glonass	Beidou	Galileo
Точность	2-5м	3-5м	10м	1м
Спутников	24	24	35	27
Наклонение	55	64,8	55	56
Зоны покрытия	Гарантируется 100% покрытие в странах разработчиках			

Результаты разработки

Разработка программного средства велась с использованием кроссплатформенного фреймворка Qt для C++. В качестве карт использовался картографический проект OpenStreetMap, математические вычисления производились с помощью языка Python.

Из результатов, представленных на рис.1 можно отметить, что спутниковая группировка системы GPS преимущественно расположена над экватором. Зоны над полюсами, соответственно не покрываются, как и заявлено производителем. Большинство материковой территории покрыто сигналом. Так же покрывается почти всё водное пространство.

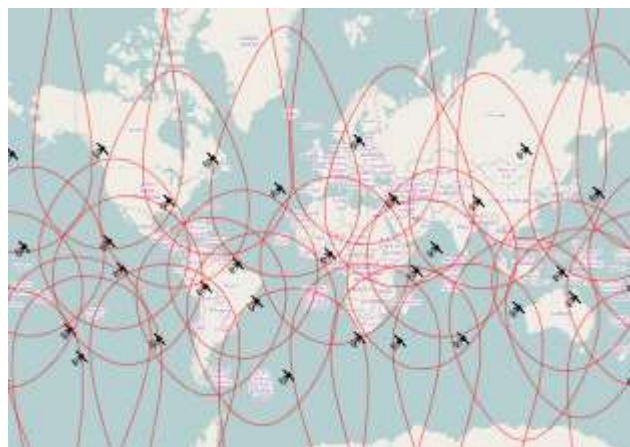


Рисунок 2, GPS

На рис.2 можно наблюдать, что спутниковая группировка GLONASS более равномерно рассредоточена по поверхности Земли, нежели система GPS, что достигается за счёт использования более оптимального угла наклона орбиты. GLONASS имеет хороший охват материковых территорий, в частности территория России покрывается полностью, в соответствии с заявленными характеристиками. Имеются дублирующие спутниковые аппараты. Однако, над водными территориями есть пропуски сигнала.



Рисунок 3, GLONASS

В случае системы BEIDOU, покрытие которой отображено на рис.3, можно увидеть, что национальная спутниковая система Китая пригодна к использованию лишь на территории Азии и Южной Америки и Австралии. Данная система использует аппараты на стационарных орбитах, а также на средних круговых и наклонных геосинхронизованных орбитах. Данная система не пригодна к использованию на водных территориях.



Рисунок 4, Beidou

Навигационная система GALILEO, зона покрытия которой представлена на рис.4 также имеет хорошее материковое покрытие. За счёт малого наклона угла орбиты, спутниковая группировка располагается ближе к экватору, что сводит зоны покрытия геомагнитных полюсов к минимуму. Над водными территориями имеются обширные пропуски покрытия.



Рисунок 5, Galileo

Выводы

В данной статье изучена проблема использования различных негеостационарных спутниковых систем, а также разработано программное обеспечение для оценки зоны покрытия навигационных систем. Проведен анализ ряда аналогов. Для этого были выделены критерии оценки, на основе критериев были сделаны выводы о преимуществах тех или иных аналогов. Разработанное программное средство позволит сократить временные и финансовые затраты в сферах, использующих геолокацию. Таким образом, поставленная цель была достигнута.

Список литературы

1. Иванов В.И., Метод инженерного расчёта областей совместного покрытия спутниковой системы
2. А.В.Вишнев, М.Ю.Долидудко, Сравнительный анализ систем GPS и Glonass
3. А.Киселев, Система Glonass, особенности, история, применение

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Т.Р. ЖАНГИРОВ, П.А. ПЕРКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе представлено исследование возможности классификации цианобактерий по спектрам флуоресценции *in vivo*. В качестве метода классификации использовался дискриминантный анализ. Продемонстрирована процедура предварительной обработки спектров, позволяющая уменьшить ошибку классификации. Были введены параметры для классификации, а также проведена их статистическая обработка, позволившая выявить избыточные параметры. Результаты продемонстрированы для 21 различных штаммов цианобактерий на различных комбинациях параметров.

Ключевые слова: Дискриминантный анализ, классификация, обработка спектров, статистические методы в биологии, спектры флуоресценции

В связи с острой экологической проблемой токсичных цианобактериальных «цветений» водоемов сегодня остро возникает задача определения родовой принадлежности формирующих эти «цветения» цианобактерий. Один из способов решения этой задачи – постоянный мониторинг таксономического состава и физиологического состояния фитопланктона в исследуемом водоеме. Традиционные

методы анализа [1-4] весьма трудоемки и в большинстве случаев субъективны. Кроме того, объемы данных, получаемых в результате мониторинга состояний водоемов, слишком велики, что не позволяет проводить оперативный анализ традиционными методами.

Спектрофотометрические методы [5-8] – одни из немногих, позволяющих обеспечить достаточно быструю и относительно легкую экстракцию необходимой полезной информации из большого объема данных. Один из спектрофотометрических методов состоит в исследовании собственной флуоресценции отдельных клеток цианобактерий. На основе спектров флуоресценции можно проводить классификацию цианобактерий, что позволит оценить видовой состав фитопланктона в конкретном водоеме.

Цель работы – исследовать возможность классификации цианобактерий на основе спектров собственной флуоресценции, используя в качестве метода классификации дискриминантный анализ [9].

Объект исследования – экспериментальные данные, полученные на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе. Данные представляют собой серии из восьми спектров собственной флуоресценции, которые снимались при различных длинах волн возбуждающего излучения, соответствующих лазерным линиям конфокального микроскопа: 405, 458, 476, 488, 496, 514, 543 нм.

Основная проблема классификации цианобактерий заключается в сильной схожести спектров для различных штаммов (Рис. 1). Для разрешения этой проблемы необходимо определить параметры, которые могли бы описывать незначительные отличия в спектрах. Также параметры должны быть устойчивы к шумам, аппаратным ошибкам, а также малым отклонениям клеток от нормы.

В качестве метода классификации выбран дискриминантный анализ, так как он позволяет строить модель, с учетом статистических характеристик для выбранных параметров, не требует взаимной независимости параметров, а также позволяет оценить результат с помощью линейного дискриминантного анализа Фишера.

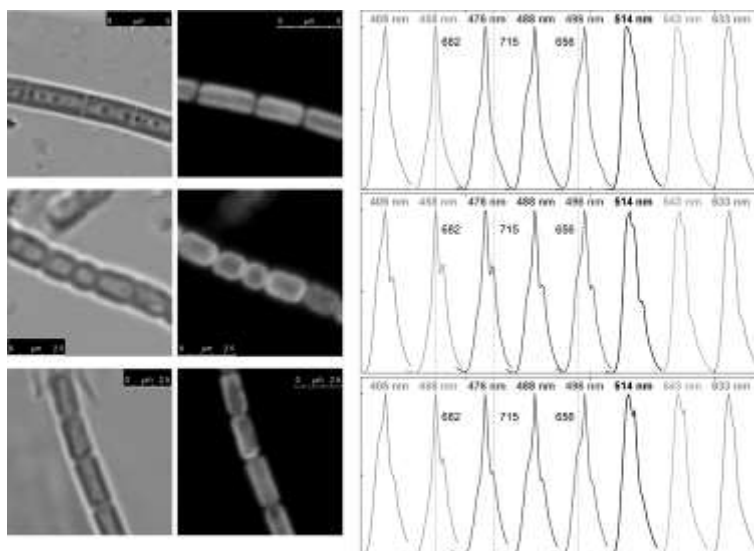


Рис.1 Серии спектров для трех различных штаммов цианобактерий

Для того чтобы избавиться от шумов и от последствий наличия аппаратной погрешности микроскопа, был разработан алгоритм предварительной обработки данных, позволяющих привести исходные данные к единому виду, включающий следующие шаги:

1. Интерполяция исходных спектров кубическим сплайном.
2. Нормировка к диапазону [0 1].
3. Исключение шумов путем отсечения малоинформативной части спектра.
4. Центрирование по максимуму ~682 нм (хлорофилл а).
5. Экстраполяция кубическим сплайном, приводящий спектр к значениям от -300 до 300 относительных единиц.

6. Сглаживание при помощи прямоугольной оконной функции.

После обработки каждый спектр в серии сравним по абсолютным значениям амплитуды, а также имеют одинаковую длину, что позволяет их сравнивать и обрабатывать одинаковым образом. Далее один спектр серии обозначается $\{x^\lambda, y^\lambda\}$, где λ – длина волны возбуждающего лазера, $x^\lambda \in [-300 \ 300]$, $y^\lambda \in [0 \ 1]$.

Поскольку, разные штаммы цианобактерий характеризуются различными формами спектров, имеется необходимость выделить параметры для описания форм спектров. Такие параметры должны содержать полезную информацию о спектре.

В ходе работы были выделены следующие параметры:

1. Отношение интенсивностей флуоресценции различных пигментов.

Для расчета данного параметра каждый спектр разбивается на 4 диапазона (в относительных единицах) ([-149 -69], [-68 -8], [-7 31], [32 101]), и на диапазоне ищется максимальное значение. Если значение попадает на край интервала, то берется среднее значение на данном интервале. Далее находятся соответствующие отношения интенсивностей по формуле 1.

$$R_N^\lambda = M_N^\lambda / M_3^\lambda \quad (1)$$

где M_N^λ – максимальная интенсивность флуоресценции на промежутке N, N = [1- 4] номер области.

2. Относительная интенсивность флуоресценции отдельных пигментов.

Для вычисления данного параметра, на спектре выделяется 5 областей ([-106 -95], [-41 -36], [-27 -23], [-3 4], [33 42]), на которых рассчитывается среднее значение интенсивности, а затем процентное содержание по формуле 2.

$$\mu_k^\lambda = \sum_i y_{ki}^\lambda / L_k, \quad P_k^\lambda = \mu_k^\lambda / \sum_k \mu_k^\lambda \quad (2)$$

где L_k – количество точек в области k, k = [1- 5] – номер области,

3. Асимметрия и эксцесс.

Параметр асимметрии позволяет оценить наличие левого или правого пика и рассчитывается по формуле 3.

$$A^\lambda = \sum_{i=-300}^{300} \left[\left(x_i^\lambda - \sum_{j=-300}^{300} (x_j^\lambda y_j^\lambda) \right)^3 y_i^\lambda \right] \quad (3)$$

Параметр эксцесса позволяет оценить ширину спектра, формула 4.

$$E^{\lambda} = \sum_{i=-300}^{300} \left[\left(x_i^{\lambda} - \sum_{j=-300}^{300} (x_j^{\lambda} y_j^{\lambda}) \right)^4 y_i^{\lambda} \right] - 3 \quad (4)$$

Количество выделенных параметров составляет 88, но они могут содержать сильно коррелирующие, незначащие или дублирующие данные, что может сказаться на конечном результате, поэтому необходимо уменьшить количество параметров. При оценке значений дисперсии и математического ожидания был исключен набор параметров, соответствующий возбуждающему лазеру длиной 633 нм, так как значения параметров для различных штаммов попадали в один доверительный интервал и не несли полезной информации. На основе корреляционного анализа были исключены параметры, соответствующие возбуждающим лазерам 476, 496 нм, коррелирующие с параметрами лазера 488 нм, а также параметры возбуждающего лазера 514 нм, который коррелирует с лазером 543 нм. На основе результатов иерархической кластеризации, был исключен набор параметров относительной интенсивности флуоресценции, соответствующий второй области, так как он дублировал значения параметров третьей области. Так количество параметров было уменьшено до 36.

Дискриминантный анализ проводился при различных комбинациях параметров для 3 штаммов и 21 штамма. Достигнутая точность классификации представлена в таблице 1.

Таблица 1

Параметры (кол-во параметров)	3 штамма	21 штамм
Асимметрия и эксцесс (8)	78%	78%
Отношение интенсивности (8)	76%	76%
Относительная интенсивность (20)	87%	93%
Асимметрия и эксцесс + отношение интенсивности (16)	80%	86%
Асимметрия и эксцесс + относительная интенсивность (28)	90%	96%

Таким образом была достигнута точность более чем 90% при относительно малом количестве параметров, что доказывает состоятельность классификации цианобактерий на основе спектров собственной флуоресценции с использованием дискриминантного анализа. Также видно, что даже при малом количестве априорной информации точность достаточно высока, что говорит о слабой зависимости от количества необходимых экспериментов (для каждого штамма количество уникальных серий спектров не больше 30). Расчет всех введенных в данной работе параметров может осуществляться аппаратно, что потенциально позволяет создать портативное устройство для оперативной классификации цианобактерий в полевых условиях.

Список литературы

1. Liu X., Huang B., Liu Z., Wang L., Wei H., Li C., Huang O. High-resolution phytoplankton diel variations in the summer stratified central Yellow Sea //Journal of oceanography. 2012. Vol. 68, №. 6. P. 913-927.
2. Mackey M. D., Mackey D. J., Higgins H. W., Wright. S. W. CHEMTAX — a program for estimating class abundances from chemical markers: application to HPLC measurements of phytoplankton //Marine Ecology Progress Series. 1996. P. 265-283.

3. Johnsen G., Samset O., Granskog L., Sakshaug E. In-vivo absorption characteristics in 10 classes of bloom-forming phytoplankton-taxonomic characteristics and responses to photoadaptation by means of discriminant and HPLC analysis // Marine Ecology Progress Series. 1994. Vol. 105, №. 1-2. P. 149-157.
4. Millie, D.F., Schofield, O.M., Kirkpatrick G.J., Johnsen G. and Evens T.J. Using absorbance and fluorescence spectra to discriminate microalgae //European Journal of Phycology. 2002. Vol. 37, №. 3. P. 313-322.
5. Escoffier N., Bernard C., Hamlaoui S., Groleau A., Catherine, A. Quantifying phytoplankton communities using spectral fluorescence: the effects of species composition and physiological state //Journal of Plankton Research. 2014. Vol. 37, №. 1. P. 233-247.
6. Beutler M., Wiltshire K.H., Meyer B., Moldaenke C., Luring C., Meyerhofer M. A fluorometric method for the differentiation of algal populations in vivo and in situ //Photosynthesis research. 2002. Vol. 72, №. 1. P. 39-53.
7. MacIntyre H. L., Lawrenz E., Richardson T. L. Taxonomic discrimination of phytoplankton by spectral fluorescence //Chlorophyll a fluorescence in aquatic sciences: methods and applications. Springer, Dordrecht, 2010. P. 129-169.
8. Zhang F., Su R., He J., Cai M., Luo W. and Wang X. Identifying phytoplankton in seawater based on discrete excitation- emission fluorescence spectra //Journal of phycology. 2010. Vol. 46, №. 2. P. 403-411.
9. Fisher, R.A. The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems // Annals of Eugenics. 1936 Vol. 7. P. 179-188.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ

А.О. Кудрявцев, Д.А. Григорьев

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема управления финансовым портфелем, а также современный подход к ее решению с помощью нейронных сетей, позволяющих качественно выделять нелинейные зависимости в поведении финансовых активов. Были рассмотрены две различные системы, использующие нейронные сети, а также приведены получаемые с их помощью результаты, сравнительно с другими известными системами управления инвестиционным портфелем.

Ключевые слова: инвестиционный портфель, нейронные сети, neuro fuzzy system

Управление финансовым портфелем — это процесс принятия решений по непрерывному перераспределению капитала в определенный набор различных инвестиционных продуктов, с целью максимизировать прибыль, учитывая при этом ограничения на риски инвестиций. При управлении капиталом необходимо выбрать несколько ключевых параметров, такие как набор акций для инвестирования и соответствующие им проценты распределения капитала (portfolio selection).

Для определения активов в финансовом портфеле существуют различные модели выбора. Эти модели можно классифицировать на две группы: модели, направленные на решение одной задачи (например, минимизация риска или максимизация прибыли) и мультизадачные модели. Весьма известной и значимой в данной области является основополагающая работа Гарри Марковица и представленная им в 1952 году mean-variance portfolio selection model [1].

Управление же портфелем можно условно разделить на следующие этапы: выбрать активы для портфеля, назначить им доли (portfolio selection), выбрать период торговли, а затем в конце каждого периода вновь определять активы для портфеля и пересчитывать их доли. Для определения долей активов в портфеле требуется составить прогноз, как будет вести себя цена этих активов в будущем. В силу нелинейности и хаотичности поведения цен активов на финансовых рынках, предсказывать их с помощью линейных

моделей становится непростой задачей. На данный момент все большую популярность для решения такого рода задач набирают нейронные сети.

Рассмотрим некоторые конкретные применения алгоритмов, использующих нейронные сети и машинное обучение.

1. Оптимизация портфеля при помощи neuro fuzzy-системы [2].

Оптимизация портфеля — подход к управлению портфелем, максимизирующий прибыль и при этом минимизирующий риск. Архитектура neuro-fuzzy системы состоит из двух составляющих: системы нечеткого вывода и адаптивной нейронной сети для установки параметров системы нечеткого вывода. Neuro-fuzzy система сочетает в себе преимущества ANN (Artificial Neural Network) и системы нечеткой логики, которая описывается набором if-then правил. В начале, чтобы выровнять числовой порядок элементов на входе, система преобразует входные данные в интервал $[0, 1]$ с помощью набора функций принадлежности (membership functions, MF). Далее они подаются на вход машине нечеткого вывода. Синтаксис правил ее вывода можно представить следующим образом:

$$R^j = \text{if } x_1 \text{ is } MF_1^i \text{ and /or } \dots x_j \text{ is } MF_j^i \text{ then } z^j \text{ is } MF_0^i$$

В работе [2] рассматривается система нечеткой логики, состоящая из 5 слоев: fuzzy (преобразует входные параметры), product (отвечает за нечеткую логику), normalized (нормализация полученных с помощью предыдущего слоя коэффициентов), defuzzy-слой (преобразование для получения результата), суммирующий (вывод результата работы). Слои под номером 1 и 4 являются адаптивными, остальные фиксированы.

Слой 1: Каждый узел в этом слое адаптивный. Параметры a , b , c определяют функцию принадлежности узла. Функция узла описывается как

$$O_i^1 = \mu_{A_i(x)}, \quad i = 1, 2,$$

где x это вход узла, $A_i(x)$ - это нечеткое множество, μ - это функция принадлежности (MF), а O_i^j - выходные данные i -го узла j -го слоя.

Слой 2: Каждый узел данного слоя применяет коэффициент масштабирования к входящим сигналам и передает результат далее:

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i(x)} \cdot \mu_{B_i(y)}, \quad i = 1, 2$$

Слой 3: Каждый узел нормализующего слоя подсчитывает вес, согласно отношению степени выполнения i -го нечеткого правила ко всем остальным:

$$O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2$$

Слой 4: Каждый узел defuzzy-слоя выполняет линейное преобразование входных сигналов x и y подразумевающих последовательные параметры a , b , c :

$$O_i^4 = \bar{w}_i z_i = \bar{w}_i (a_i x + b_i y + c_i), \quad i = 1, 2$$

Слой 5: В суммирующем слое только 1 узел, который подсчитывает выходной сигнал:

$$O_i^5 = \sum_i \bar{w}_i z_i = \frac{\sum_i w_i z_i}{\sum_i w_i}, \quad i = 1, 2$$

На рис. 1 можно увидеть архитектуру данной системы:

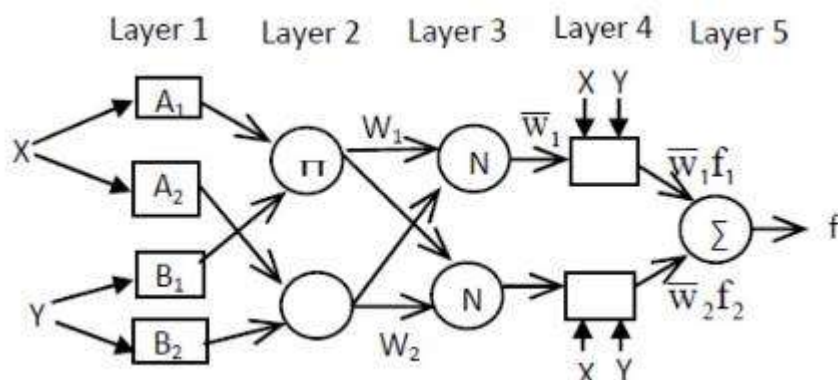


Рис. 6. Архитектура neuro-fuzzy системы

Данная система была протестирована [2] на Индийском фондовом рынке в сравнении с тремя другими стратегиями управления портфелем, результаты представлены в табл. 1:

Таблица 2.

Результаты портфеля

Month	Profit (%)			
	Equal Weight	Momentum Investing Portfolio	Buy-and-Hold Strategy	Neuro-Fuzzy
Aug 2010	-19.09	-7.22	-13.70	-33.80
Sept 2010	34.17	14.82	33.05	85.67
Oct 2010	2.40	9.21	7.25	11.80
Nov 2010	2.04	-4.25	2.42	13.67
Dec 2010	15.22	8.67	17.50	21.56
Average Profit	6.948	4.246	9.304	33.175

Как можно легко увидеть neuro-fuzzy система показывает лучшие результаты, нежели другие рассмотренные авторами стратегии управления портфелем.

2. Расширенная ASLD Trading-система

Предложенная Kei-Keung Hung, Yiu-Ming Cheung и Lei Xu в [3] система является расширением Adaptive Supervised Learning Decision (ASLD) торговой системы, предложенной Xu и Cheung в [4]. Данная система использует схемы оптимизации standart Markowian portfolio optimization (SMPO) [1] и improved portfolio Sharpe ratio maximization with diversification (IPSRM-D) [5] для управления активами с учетом рисков.

каждый момент времени t входными данными системы являются наблюдаемые цены N активов, а выходом — торговые сигналы на подмножество N активов, а также инструкции по сделкам с уже имеющимися активами. Поскольку в системе используется supervised learning neural network (SNN) для описания нелинейных зависимостей между входами и выходами, требуется тренировка сети с целью подходящего подбора параметров.

На рис.2 можно увидеть, что EASLD система состоит из 4 основных компонентов: Investment Asset Selector (IAS), portfolio optimization scheme (POS), trading signal generator (TSG), и supervised learning neural network (SNN).

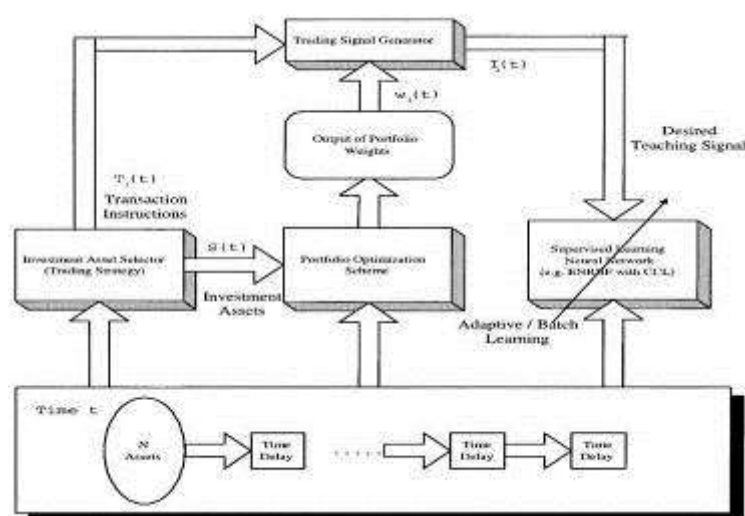


Рис. 7. EASLD система на стадии тренировки

Процедура тренировки протекает следующим образом: в каждый момент времени t IAS выбирает подмножество $S(t)$ из N активов, которые не находились в портфеле в предыдущий момент времени $t - 1$ и должны быть инвестированы в момент времени t , исходя из выбранной торговой стратегии. Также компонент IAS дает инструкции по транзакции $T_i(t)$ для i -го актива, совершать ее или нет. Исходя из выбранных активов, POS использует схему оптимизации портфеля (SMPO или IPSRM-D), чтобы определить вес $w_i(t)$ каждого актива в портфеле, который определяется, основываясь на доступных предыдущих ценах (вплоть до t). Далее компонентом TSG на основе инструкции транзакции $T_i(t)$ и веса актива в портфеле w_i , полученном от POS, генерируется торговый сигнал $I_i(t)$ для актива $i, i = 1, 2, \dots, N$. Затем этот сигнал используется для регулирования параметров нейросети (SNN). С помощью адаптивной тренировки, SNN может постепенно моделировать нелинейные отношения между желаемыми торговыми сигналами и ценами активов.

На операционном этапе, в каждый момент времени t значение обучающего торгового сигнала можно получить с помощью «будущих» (момент времени $t+q$) цен активов. Таким образом, торговый сигнал на момент времени t недоступен до времени $t+q$. EASLD система использует уже обученный компонент SNN для решения данной проблемы. Когда будет получен сигнал момента t , SNN перенастраивает свои параметры, как на этапе обучения.

Данная система была проверена с помощью следующих экспериментов: сравнение с ASLD системой, а также сравнение с отдельными схемами (SMPO и IPSRM-D). Общие результаты работы можно обозначить следующим образом: EASLD [3] система может существенно уменьшить риски инвестиций по сравнению с ASLD [4], сохраняя при этом приемлемый показатель прибыли, а также приносит значительно больше прибыли, нежели схемы SMPO и IPSRM-D. Таким образом, получено улучшение баланса между ожидаемой прибылью и рисками инвестирования.

Ввиду развития нейронных сетей и технологий машинного обучения, данные технологии оказывают все большее влияние на современные исследования, в том числе в области систем выбора и управления финансовыми портфелями. В данной статье были

рассмотрены некоторые подходы к созданию таковых систем. Были представлены сравнительные результаты рассмотренных систем с нейронными сетями, относительно других стандартных подходов, и, как итог, было показано, что рассмотренные системы превосходят классические.

Список литературы

1. Markowitz H. Portfolio selection // The journal of finance, Vol. 7, 1952. pp. 77-91
2. Sekar G. Portfolio optimization using neuro fuzzy system in Indian stock market // International Journal of Global Research in Computer Science (UGC Approved Journal), Vol. 3, 2012. pp. 44-47.
3. Hung K.K., Cheung Y.M., Xu L. An extended ASLD trading system to enhance portfolio management // IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 14, 2003. pp. 413-425
4. Xu L., Cheung Y.M. Adaptive supervised learning decision networks for traders and portfolios // Computational Intelligence for Financial Engineering (CIFEr), 1997., Proceedings of the IEEE/IAFE 1997. 1997. pp. 206-212
5. Hung K.K., Cheung C.C., Xu L. New sharpe-ratio-related methods for portfolio selection // Computational Intelligence for Financial Engineering, 2000.(CIFEr) Proceedings of the IEEE/IAFE/INFORMS 2000 Conference on. 2000. pp. 34-37.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Ю. МАРУЩАК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе рассматривается решение задачи анализа репутационных рисков ИТ-компаний на основе построения модели жизненного цикла на стадии реализации программно-аппаратных комплексов, использования вероятностных мер при анализе рисков и обоснованного выбора решения о принятии мер для снижения риска, позволяющих уменьшить репутационные потери. Приводится пример вычисления оценок каждого из репутационных рисков компании и выбора действий, уменьшающих риски.

Ключевые слова: Жизненный цикл(ЖЦ), репутационные риски, программные средства(ПС).

Высокая конкуренция ИТ-рынка, возрастающие требования по качеству, надежности и безопасности продукции привели к увеличению влияния репутационных рисков компании на этапах жизненного цикла(ЖЦ) ИТ-продукции.

Целью работы является решение задачи анализа и оценки репутационных рисков ИТ-компаний, а также оценка их влияния на процессы жизненного цикла.

В работе для корректного анализа рисков используется модель ЖЦ программных средств(ПС), построенная на основе процессов[2]: анализ требований к ПС, проектирование архитектуры ПС, детальное проектирование ПС, конструирование ПС, комплексирование ПС, квалификационное тестирование ПС. Поскольку время выполнения работ на каждом этапе ЖЦ ПС является величиной случайной, а процессы ЖЦ – стохастическими, вероятностная модель ЖЦ[1] представлена в виде ориентированного графа состояний. Пример модели в матричной форме представлен в соотношении (1), где $x_i \in X$ – множество состояний модели ЖЦ (процессы), $p_{kj}(t)$ – вероятности перехода модели из состояния k в состояние j в момент времени t.

$$\begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & 0 \\ p_{30} & 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{44} & p_{45} \\ p_{50} & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Для анализа полученных процессов введены критерии результативности[3], по которым определяется успешность перехода из одного состояния в другое (завершения некоторого этапа). Примером такого критерия может быть превышение плановых затрат по ресурсам в ходе реализации ПС. Для анализа всем критериям назначаются веса, причем суммарный вес всех критериев по процессу должен быть равен 100%. Вес критерия превышение плановых затрат по ресурсам в ходе реализации ПС был оценен экспертами в 10%.

В работе сформулированы признаки, на основании которых каждому полученному критерию результативности сопоставляются репутационные риски и причины их появления. Так, для представленного выше критерия, можно выделить репутационный риск из-за нарушения условий договора по затраченным ресурсам. В этом случае причинами его появления будут служить большое отклонение от плана по ресурсам в ходе реализации ПС, нарушения плана проведения процесса конструирования ПС.

Оценка и анализ репутационных рисков производится с использованием метода анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA)[4], основанном на определении ранга приоритетности риска (RPN - Risk Priority Number). В работе данный показатель рассчитывается для всех причин появления репутационных рисков на основе трех показателей, определяемых экспертным путем: оценка потенциала появления риска, оценка возможности обнаружения с целью предупреждения её реализации и оценка значимости последствий при возможной её реализации. Таким образом, на основе значений RPN для каждой из причин, при помощи весовой функции, определяется значение RPN у каждого из рисков и итоговое значение RPN по всему процессу. И на основе полученного итогового значения RPN, при помощи правил принятия решений, можно сделать вывод о дальнейших действиях. В качестве примера приведен расчет значения RPN для процесса конструирования ПС, и выработаны рекомендации по уменьшению рисков.

Приводятся соотношения для оценки потерь компании, обусловленных репутационными рисками, основанные на расчете потерь, вызываемых причинами появления рисков.

Рассмотренный в работе подход к выявлению репутационных рисков, подход к оценке влияния репутационных рисков реализации ПС, подход к принятию решений и разработанная модель ЖЦ могут быть использованы для улучшения процесса проектирования ПС.

Список литературы

1. Романцев, В. В. Вероятностные модели жизненного цикла программных изделий // Известия СПбГЭТУ, серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», Вып.1, 2003, с.187-193
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология (ИТ). Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств - Введ. 2012-03-01 - м: Изд-во стандартов, 2010. — 98 с.
3. Гриффин Э. Управление репутационными рисками: стратегический подход. – М.: Альпина Бизнес Букс. 2009.-240 с.

4. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006). Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов - Введ. 2008-09-01 - м: Изд-во стандартов, 2007. — 35 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ В ПОДСИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАС "ВЫБОРЫ"

П.Д.ОСМОЛОВСКИЙ¹, С.А.РОМАНЕНКО²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

²АО «Научно-инженерный центр Санкт-Петербургского электротехнического университета»

Аннотация. В статье описывается архитектура подсистемы обеспечения эксплуатации и сервисного обслуживания ГАС «Выборы», криптографические алгоритмы формирования электронной подписи, реализация модуля электронной подписи на основе сертифицированных библиотек.

Ключевые слова: электронная подпись, распределенная информационная система, электронный юридически значимый документооборот

В последнее время все чаще возникает потребность в обеспечении верификации данных, обмен которыми производится в рамках распределенных автоматизированных систем с элементами электронного документооборота. В таких системах первоисточником актуальной и достоверной информации являются бумажные документы, на основании которых вносятся изменения в данные, хранящиеся в электронном виде. С расширением количества объектов эксплуатации, автоматизируемых процессов, единиц учета растет и объем бумажных документов, своевременный централизованный сбор которых становится сдерживающим фактором эффективности применения автоматизированной системы. Технология электронной подписи позволяет подтверждать цифровую копию документа-первоисточника и считать ее юридически равноценной оригиналу бумажного документа.

Подсистема обеспечения эксплуатации и сервисного обслуживания (далее - ПОЭСО) предназначена для автоматизации процессов учета программно-технических средств (ПТС) Государственной автоматизированной системы Российской Федерации «Выборы» (ГАС «Выборы») и сервисного обслуживания комплекса средств автоматизации Центральной избирательной комиссии Российской Федерации (далее - КСА ЦИК), восьмидесяти трех КСА избирательных комиссий субъектов Российской Федерации (далее - КСА ИКСРФ), более трех тысяч комплексов средств автоматизации территориальных избирательных комиссий (далее - КСА ТИК), более десяти комплексов средств автоматизации сервисных центров (далее - КСА СЦ), а также деятельности сервисных центров (СЦ) по обеспечению эксплуатации и сервисному обслуживанию КСА ГАС «Выборы».

На рисунке 1 представлена структура ПОЭСО. Центральным элементом ПОЭСО являются внутренний и внешний сервер, расположенные в КСА ЦИК и обеспечивающие реализацию функциональных требований и хранение данных в структурированном виде. В целях обеспечения безопасности информации серверы разделены воздушным зазором. Пользователи в КСА всех уровней работают с внутренним сервером, тогда как пользователи в СЦ работают с внешним сервером посредством "тонкого клиента", реализованного по технологии GWT, которая позволяет быстро и эффективно

разрабатывать веб-приложения, включающие в себя стандартные табличные формы отображения информации на языке Java. Для пользователей в КСА ЦИК также обеспечивается возможность работы с внешним сервером. Средствами ПОЭСО при участии администратора КСА ЦИК на регламентной основе (не реже двух раз в день) синхронизируются базы данных внутреннего и внешнего серверов.

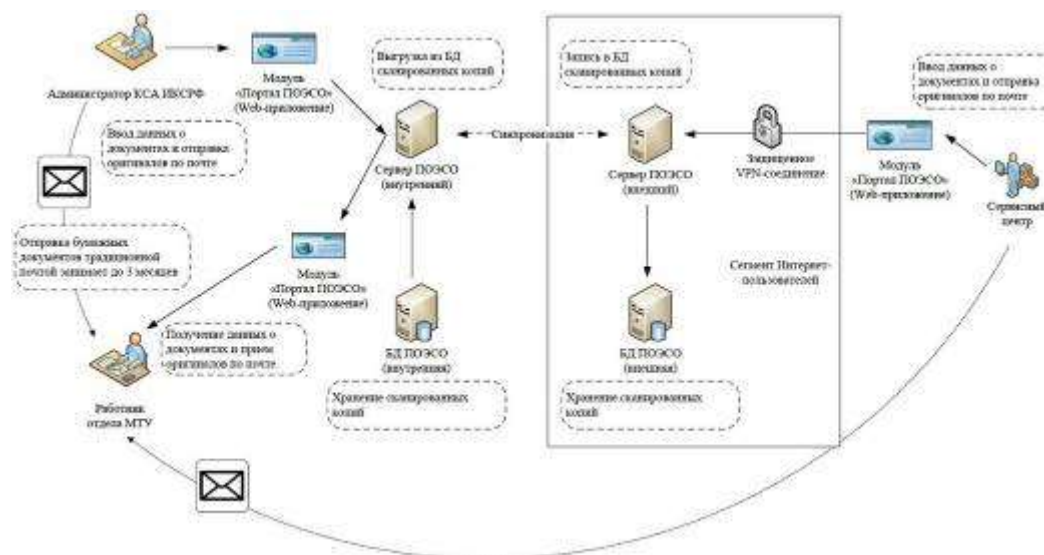


Рис. 1

Как правило, ПТС ГАС "Выборы" передаются поставщиками в СЦ и из СЦ в КСА партиями от нескольких десятков до нескольких тысяч единиц. Для каждой партии в СЦ и в КСА избирательной комиссии формируется бумажный акт приема-передачи, который должен быть представлен в КСА ЦИК. Акты приема-передачи формируются в ПОЭСО путем ввода данных в электронном виде через клиентские приложения и распечатывания бумажных документов. Использование технологии "тонкий клиент" позволяет обеспечить наличие информации по актам приема передачи в базе данных ПОЭСО в КСА ЦИК в момент их ввода. Однако, проверить их актуальность и достоверность возможно только после получения подписанных бумажных оригиналов документов. Высокая степень территориальной распределенности и организационные регламенты приводят к тому, что бумажные оригиналы документов попадают в КСА ЦИК с задержкой в несколько месяцев.

Актуальной является реализация в ПОЭСО задачи хранения электронных образов бумажных оригиналов документов, проверки и подтверждения их целостности и достоверности с помощью электронной подписи, обеспечивающей юридическую значимость электронных документов.

На сегодняшний день основным инструментом защиты электронных образов документов от несанкционированного изменения служит использование электронной подписи и криптографических алгоритмов. Электронная подпись (ЭП) – это особый реквизит документа, который позволяет установить отсутствие искажения информации в электронном документе с момента формирования ЭП и подтвердить принадлежность ЭП владельцу. Значение реквизита получается в результате криптографического преобразования информации.

По Федеральному закону от 06.04.11 № 63-ФЗ «Об электронной подписи» [10] выделяется три вида ЭП: простая, усиленная неквалифицированная (НЭП) и усиленная

квалифицированная (КЭП). Максимально защищенной является КЭП, которая, как правило, используется на площадках электронных торгов и в системах юридически значимого документооборота, где необходимы гарантии установления авторства и целостности файла.

Функциональная схема предлагаемого решения по интеграции ЭП в подсистему ОЭСО показана на рисунке 3. Основной задачей администратора безопасности является управление ключами пользователей, которое базируется на архитектуре PKI (Public Key Infrastructure) из рекомендаций стандарта X.509 в части управления сертификатами открытых ключей и должно обеспечиваться Удостоверяющим центром ГАС «Выборы» на основе продукта «КриптоПро УЦ».

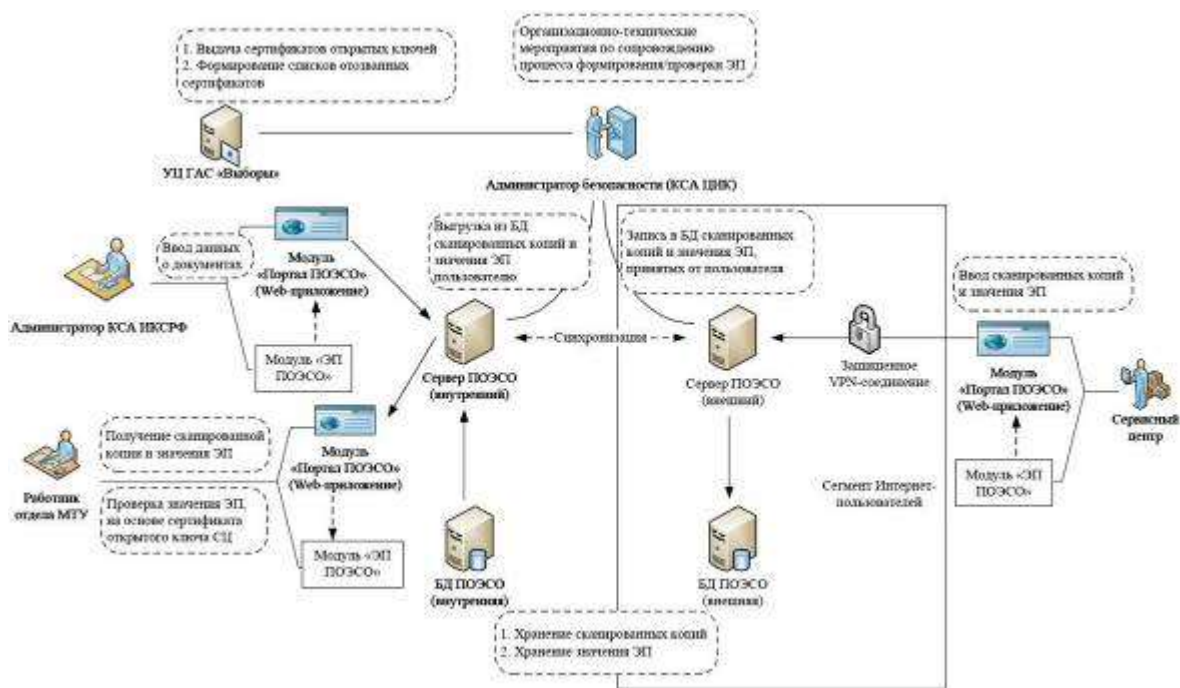
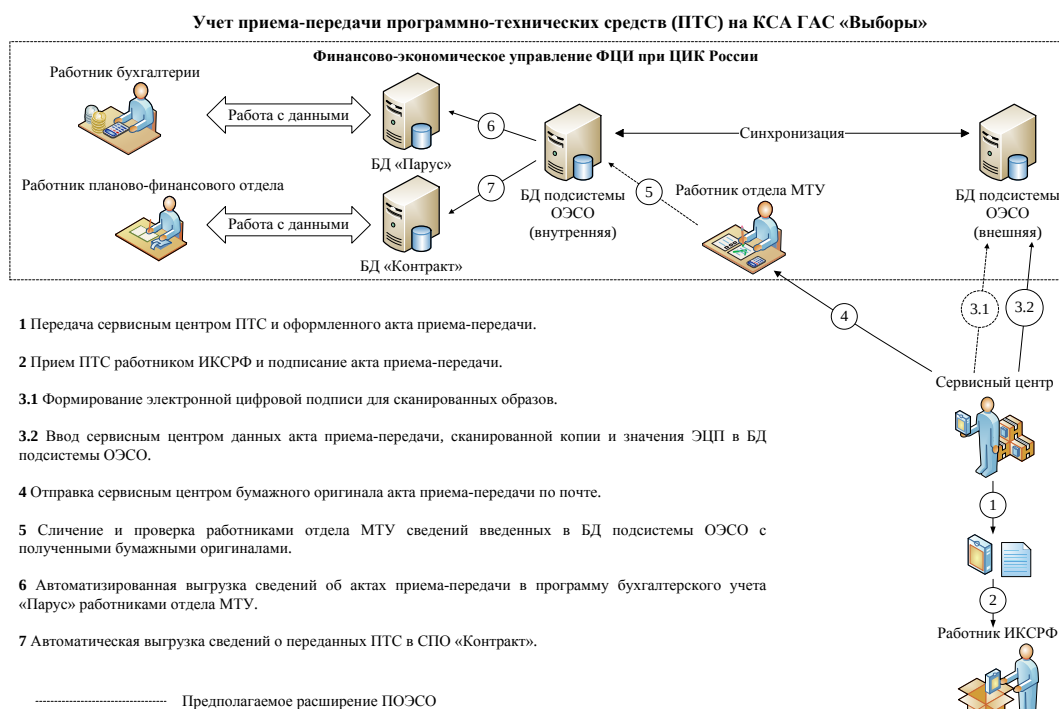


Рис. 3

Реализация данной схемы позволит участникам процессов не ждать доставки бумажных оригиналов документов в КСА ЦИК, а производить все необходимые действия с полученными из внутренней базы и проверенными модулем ЭП электронными копиями. Получение актуальных данных и возможность их использования станут доступны сотрудникам КСА ЦИК сразу же после попадания электронного образа документа и значения ЭП во внутреннюю базу данных.

При интеграции механизма электронной подписи в модуль «Портал ПОЭСО» учтены следующие технические требования:

- использование удостоверяющего центра ГАС «Выборы»;
- применение для генерации ключей, формирования и проверки ЭП, хеширования данных общего программного обеспечения, имеющего сертификаты соответствия ФСБ России и совместимого с используемыми средствами криптографической защиты информации в ГАС «Выборы»;
- учет существующей архитектуры подсистемы ОЭСО и обеспечение преемственности технических решений.



Модуль ЭП реализован в виде набора скриптов, который с помощью плагина для браузера «КриптоПро ЭЦП Browser plug-in» [5] позволяет формировать ЭП на необходимой странице веб-приложения. Плагин требует наличия криптопровайдера CryptoPro CSP 4.0 [6], который включен в требования к пользовательским АРМ в ГАС «Выборы». Модуль ЭП является решением, основывающимся на сертифицированном ГОСТом алгоритме, что позволяет формировать КЭП. Достоинствами данного решения является доступность, при установленном плагине модуль запустится автоматически, а обновление происходит незаметно для пользователя. Интеграция модуля ЭП в ПОЭСО не требует изменения архитектуры и допускает прежние условия использования. Защищенность закрытого ключа пользователя обеспечена отсутствием необходимости в передаче секретной информации на сервер, что позволяет избежать серьезных издержек для проектирования и реализации системы хранения конфиденциальных данных пользователей. Продукты компании КриптоПро своевременно обновляют сертификат ФСТЭК, что позволяет использовать данные решения без рисков, связанных с потерей юридической силы цифровыми экземплярами.

Модуль предусматривает особенности работы со скриптами в старых версиях браузера Internet Explorer за счет реализации дополнительных библиотек, что позволяет использовать практически любой браузер для работы с системой.

Представленное техническое и архитектурное решение построения модуля электронной подписи для ПОЭСО ГАС «Выборы» представляет собой настраиваемый механизм для организации защищенного и юридически значимого электронного документооборота. Архитектура модуля предполагает работу с многочисленными удаленными друг от друга сервисными центрами, избирательными комиссиями и представителями ЦИК, осуществляющими взаимодействие через синхронизируемые базы данных с доступом к единому удостоверяющему центру «УЦ ГАС «Выборы»». Организация модуля в виде браузерного плагина позволяет внедрить ЭП в ПОЭСО без остановки работы пользователей. Данное решение модуль является универсальным для

систем, использующих аналогичный набор технологий, так как предоставляет удобный интерфейс работы с криптографическими инструментами и не зависит от предметной области.

Список литературы

1. ГОСТ Р 34.10-94 Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200004855>. (дата обращения 01.03.2018)
2. ГОСТ Р 34.10-2012. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи. Электронный ресурс: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=180151>. (дата обращения 01.03.2018)
3. Криптографические решения. От облачной подписи к доверенной среде. Электронный ресурс: <https://goo.gl/hPXYZG>. (дата обращения 01.03.2018)
4. Электронная подпись в браузере с помощью OpenSSL и СКЗИ Рутокен ЭЦП. Электронный ресурс: <https://goo.gl/rv5ytB> (дата обращения 01.03.2018)
5. КриптоПро ЭЦП Browser plug-in. Электронный ресурс: <https://www.cryptopro.ru/products/cades/plugin> (дата обращения 01.03.2018)
6. КриптоПро CSP. Электронный ресурс: <https://www.cryptopro.ru/products/csp> (дата обращения 01.03.2018)
7. Государственная автоматизированная система Российской Федерации «Выборы». Электронный ресурс: http://cikrf.ru/gas/broshura_gas.pdf (дата обращения 01.03.2018)
8. Государственная автоматизированная система Российской Федерации «Выборы» - неотъемлемая часть избирательной системы Российской Федерации. Электронный ресурс: <http://cikrf.ru/gas/gas.pdf> (дата обращения 01.03.2018)
9. Intelligent Enterprise: электронный научный журнал. — 2010. — Спецвыпуск ГАС «Выборы». Электронный ресурс: <http://cikrf.ru/gas/intelligent.pdf> (дата обращения: 01.03.2018).
10. Об электронной подписи. Федеральный закон РФ от 06.04.2011 № 63-ФЗ [Текст] // Российская газета. — 2011. — 8 апреля.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ

А.С. ПЕРКОВ, Т.Р. ЖАНГИРОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
имени В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В настоящий момент существует большое разнообразие алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей, представленных в научной литературе. Данное исследование направлено на выявление наилучшего по эффективности алгоритма обучения среди определенной группы, градиентных методов первого порядка, на предложенных данных.

Ключевые слова: нейронные сети, цианобактерии, градиентные методы.

Целью данной работы является реализация и исследование градиентных методов обучения первого порядка нейронных сетей в применении к задачам классификации по спектрам собственной флуоресценции отдельных клеток цианобактерий.

В данном исследовании задачей искусственной нейронной сети является классификация предложенных наблюдений. Наблюдениями являются наборы спектров собственных флуоресценций клеток цианобактерий различных штаммов, которые составляют множество классов S . Некоторые штаммы являются близкородственными, поэтому, как предполагается, на соответствующих наблюдениях классификатор сети

будет выдавать наибольшую ошибку. Всего в общей выборке 236 наблюдений, по 10-20 на каждый класс.

Каждое наблюдение имеет набор признаков, в данном исследовании их количество равно 57, соответственно и количество входных нейронов в созданной нейронной сети прямого распространения равно 57. Количество выходных нейронов на выходном слое равно количеству классов – 16. Функцией активации на выходном слое является softmax, на остальных – гиперболический тангенс.

В сети используется один скрытый слой, количество нейронов N в нем будет использоваться как параметр для оценки методов обучения. Также, параметром для анализа являются количество эпох T , которые необходимы для обучения сети до приемлемой ошибки.

В рамках исследования выбраны семь методов обучения для анализа: метод наискорейшего спуска (GD), quickProp, rProp, NAG, AdaGrad, AdaDelta, Adam, сопряженных градиентов (CG). Все данные методы можно охарактеризовать следующим алгоритмом:

1. инициализация весов сети W_0
2. вычисление выхода сети $h(X, W)$ и ошибки $E(h(X, W), C)$
3. если результат удовлетворительный, то конец обучения
4. иначе, вычисление значения градиента функции потерь: $\nabla E(h(X, W), C)$
5. вычисление изменения параметров: $(\Delta W)_t = f(\nabla E)$
6. корректировка весов: $W_t = W_{t-1} - (\Delta W)_t$
7. переход на п.2

Данные методы различаются только способом вычисления $(\Delta W)_t$ - способом задания функции $f(\nabla E)$ и ее параметров, как например скорость обучения η .

Ниже в Таблицах 1, 2 и 3 представлены измерения времени обучения сети при различных параметрах. Как видно из таблиц, количество нейронов на скрытом слое не влияют на длительность работы метода. Метод сопряженных градиентов показывает худший результат, он работает в 5 раз дольше, чем остальные методы.

Таблица 1.

Результаты при $N=15$.

Название метода	Время обучения нейросети при $T=100$, с	Время обучения нейросети при $T=150$, с	Время обучения нейросети при $T=200$, с	Время обучения нейросети при $T=250$, с	Время обучения нейросети при $T=300$, с
GD	0.3589	0.5474	0.6962	0.8620	1.0198
quickProp	0.5177	0.6848	0.8427	0.9671	1.2654
Rprop	0.4036	0.5419	0.7228	0.8581	1.1517
NAG	0.3841	0.5508	0.7068	0.9320	1.0444
AdaGrad	0.3386	0.5246	0.6328	0.8517	0.9245
AdaDelta	0.3665	0.5013	0.6809	0.8609	1.0801
Adam	0.3943	0.5636	0.6955	0.8775	1.0198
CG	1.5274	2.3353	3.0172	3.7476	4.5986

Таблица 2.

Результаты при N=25.

Название метода	Время обучения нейросети при T=100, с	Время обучения нейросети при T=150, с	Время обучения нейросети при T=200, с	Время обучения нейросети при T=250, с	Время обучения нейросети при T=300, с
GD	0.3529	0.5262	0.6965	0.9208	1.0970
quickProp	0.4481	0.6242	0.8517	1.0038	1.2365
Rprop	0.4169	0.5449	0.7564	0.8836	1.1909
NAG	0.3435	0.5578	0.7101	0.8948	1.0565
AdaGrad	0.3406	0.5151	0.6770	0.8589	1.0204
AdaDelta	0.3612	0.5402	0.7195	0.9058	1.0555
Adam	0.3802	0.5552	0.7243	0.9236	1.0718
CG	1.5043	2.1678	3.0275	3.7503	4.5135

Таблица 3.

Результаты при T=35.

Название метода	Время обучения нейросети при T=100, с	Время обучения нейросети при T=150, с	Время обучения нейросети при T=200, с	Время обучения нейросети при T=250, с	Время обучения нейросети при T=300, с
GD	0.3616	0.5321	0.7454	0.9311	1.0836
quickProp	0.4852	0.6595	0.8721	1.0424	1.3012
Rprop	0.4108	0.6055	0.7992	0.9193	1.2360
NAG	0.3502	0.6115	0.7429	0.9416	1.1302
AdaGrad	0.3509	0.5607	0.7078	0.9490	1.1305
AdaDelta	0.3659	0.5875	0.7515	0.9313	1.1166
Adam	0.4022	0.5824	0.7563	0.9291	1.0714
CG	1.6022	2.2740	3.2765	3.7673	4.8864

На графиках ниже представлены зависимости результата классификации от числа нейронов на скрытом слое. Наилучших результатов достигает метод Adam, сеть, обученная данным методом, смогла достигнуть 93% правильности классификации наблюдений (обучающая + тестовая выборка).

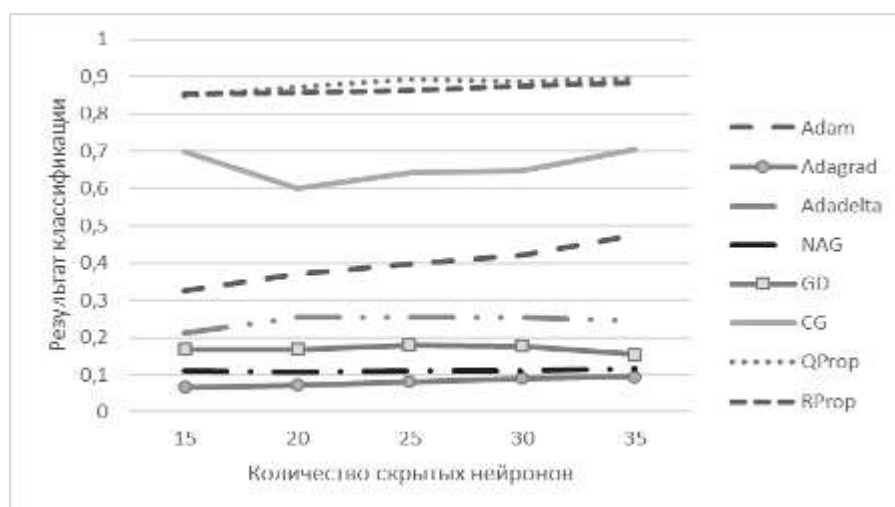


Рис. 1. Результаты работы методов при $\eta=0.001$ и $T=300$

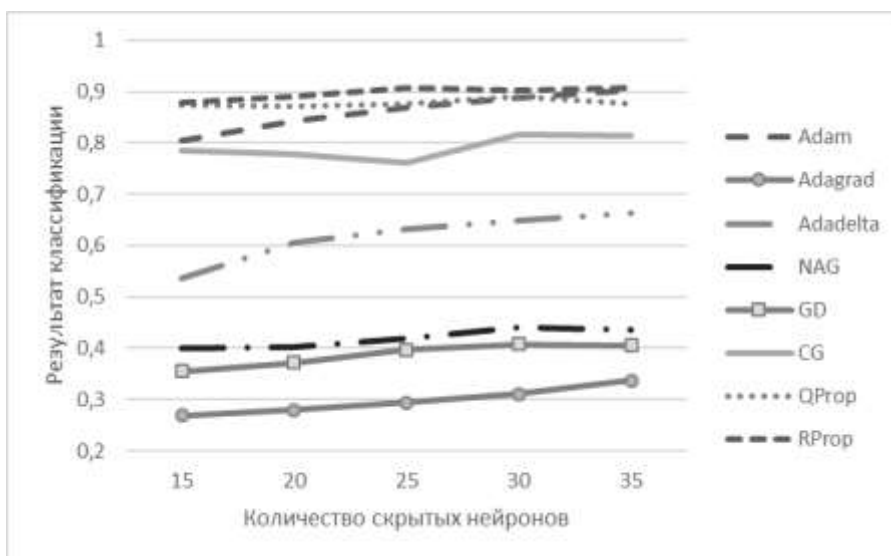


Рис. 2. Результаты работы методов при $\eta=0.005$ и $T=300$

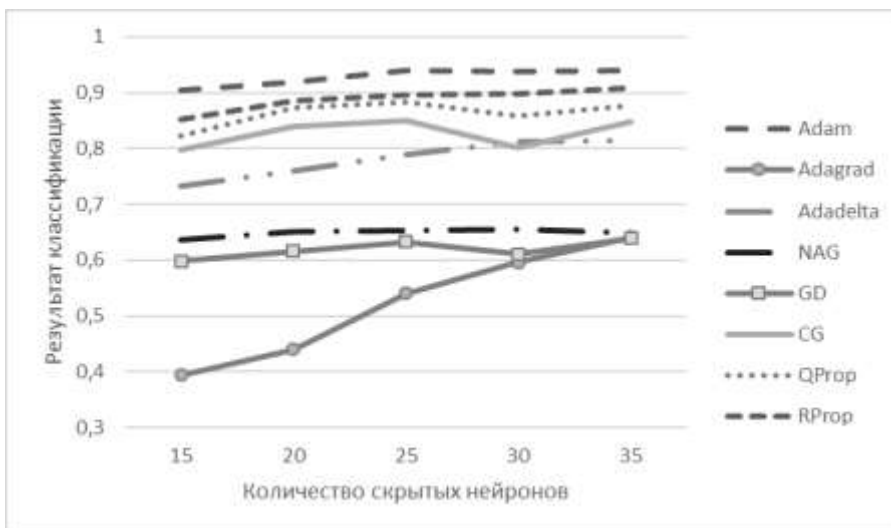


Рис. 2. Результаты работы методов при $\eta=0.01$ и $T=300$

Таким образом, сопоставив полученные данные по времени работы и результатам классификации, можно сделать вывод, что наилучшим методом обучения искусственной нейросети для классификации предложенной выборки является метод Adam.

Список литературы

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – Финансы и статистика, 2004.
2. Sutskever I. et al. On the importance of initialization and momentum in deep learning //International conference on machine learning. – 2013. – С. 1139-1147.
3. Е.С.Борисов // Основные модели и методы теории искусственных нейронных сетей. URL: <https://mechanoid.kiev.ua> (дата обращения: 14.02.2018).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИЗВЕСТНЫМ ЯДРОМ РАЗМЫТИЯ

М.И. РЫМАРЬ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Восстановление размытого изображения – одна из задач цифровой обработки изображений, для которой существуют различные решения. Статья является введением в изучение задачи реконструкции размытых, расфокусированных изображений. Рассматривается алгоритм восстановления с известным ядром свертки, сравниваются различные методы регуляризации для получения изображения более близкого к исходному. Методы применяются на практике для получения результатов.

Ключевые слова: деконволюция, регуляризация, изображение

Актуальность

По данным на 25 сентября 2017 года (Статистика Instagram) "mashable.com" сообщает, что ежедневно 800 миллионов пользователей использует данную социальную сеть [1]. Но в следствие того, что не каждый пользователь - фотограф, фотографии не всегда получаются должного качества. Самыми распространенными проблемами в получении искаженных объектов на фотографии являются размытие либо расфокусировка. Не всегда существует возможность пересъемки, а необходимые детали на смазанной фотографии могут быть необходимы. Таким образом возникает проблема восстановления смазанных и расфокусированных фотографий.

Постановка задачи

Математически сотрясения можно обозначить как ядро свертки(размытия), которое будет описывать движение камеры в момент фотографирования. Задача удаления такого сотрясения именуется термином из цифровой обработки сигналов - deconvolution (convolution с англ. - "свертка") или обратная задача к вычислению свертки. Однако при восстановлении фотографии может появиться шум, нужно учесть и его:

$$y = h * x + \epsilon \quad (1)$$

Здесь в формуле (1) x - искомое изображение, без искажений, y - наблюдаемое изображение с размытием, h - ядро свертки, оператор размытия изображения, ϵ – шум. Данная модель была представлена в [2]. Как видно, в общем случае в этом уравнении 2 главных неизвестных параметра: x - искомое изображение и h - ядро размытия. Задача, где ядро свертки неизвестно называется слепой деконволюцией.

Метод решения

Как было выше изложено, необходимо решить задачу деконволюции. Конволюция - операция свертки в цифровой обработке изображений. Свертка может быть, как непрерывной, так и дискретной. В случае данной задачи используется операция дискретной свертки.[3, формула 3.12] :

$$(x * y)(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y(n - m) \quad (2)$$

Операция (2) проиллюстрирована на изображении "Figure 25.2" в статье [3]. Опираясь на данную информацию, можно операцию свертки привести к операции умножения

матрицы на вектор, тогда задача будет переписана в следующем виде: $y = Hx + n$, где $y \in \mathbb{R}^N$, $x \in \mathbb{R}^N$, $H \in \mathbb{R}^{N \times N}$ - матрица свертки, полученная из ядра свертки h .

Такое представление задачи изложено в [4, стр. 117]. Чтобы не вычислять операцию свертки можно перейти в частотную область преобразованием Фурье. Затем будет необходимо применить обратное преобразование Фурье.

Различные виды решения задачи

Далее будут рассмотрены методы нахождения четкого изображения с известным ядром размытия с применением различных регуляризаторов. Поиск решения задачи можно переписать в вариационном виде: $x = \operatorname{argmin}_x \|y - Hx\|_2^2$, где

$$\|x\|_2^2 = \sqrt{|x_1|^2 + |x_2|^2 + \dots + |x_N|^2}.$$

Решение задачи можно найти аналитически, вычислив градиент и приравняв его к нулю:

$$\begin{aligned} f(x) &= \|y - Hx\|_2^2 = (y - Hx)^T (y - Hx) = \\ &= y^T y - y^T Hx - x^T H^T y + x^T H^T Hx = y^T y - 2y^T Hx + x^T H^T Hx \\ \operatorname{grad}(f(x)) &= -2H^T y + 2H^T Hx = 0 \\ x &= (H^T H)^{-1} H^T y \end{aligned} \quad (3)$$

Из последнего равенства (3) выражено исходное изображение. Однако целевую функцию обычно дополняют «штрафующим» членом, помогающим ограничить абсолютные значения элементов вектора x . Постановка задачи оптимизации будет переписана следующим образом: $f(x) = \operatorname{argmin}_x \|y - Hx\|_2^2 + \lambda \|x\|_2^2, \lambda > 0$. Вычислив градиент и приравняв к нулю, можно снова найти решение данной задачи:

$$\begin{aligned} \operatorname{grad}(f(x)) &= 2H^T (Hx - y) + 2\lambda x = 0 \\ H^T Hx + \lambda x &= H^T y \\ (H^T H + \lambda I)x &= H^T y, \quad I - \text{единичная матрица} \\ x &= (H^T H + \lambda I)^{-1} H^T y \end{aligned} \quad (4)$$

Решение (4) с регуляризацией представлено в [5, формула (27)]. Такой регуляризатор не избавляет фото от шума. Стоит рассмотреть регуляризацию по Соболеву [6, стр.9, Sobolev prior]:

$$\begin{aligned} g(x) &= \operatorname{argmin}_x \|y - Hx\|_2^2 + \lambda J(x), \lambda > 0 \\ J(x) &= \sum \| \operatorname{grad}(x) \|^2 \end{aligned} \quad (5)$$

В (4) $\operatorname{grad}(x)$ - дискретный градиент, то есть конечные разности соседних пикселей. Взяв градиент от $g(x)$ в (4) можно получить решение:

$$\begin{aligned} H^T Hx + \lambda \sum \operatorname{grad}(x) &= H^T y \\ x &= (H^T H)^{-1} (H^T y - \lambda \sum \operatorname{grad}(x)) \end{aligned} \quad (6)$$

Так в (6) выражается исходное изображение. Таким образом регуляризация по Соболеву должна штрафовать высокие частоты, благодаря использованию градиента. Такая регуляризация выполняет шумоподавление, однако может размывать края изображению. Существует регуляризация, которая может помочь с данной проблемой: регуляризация TV (Total variation). Представлена в [7, стр. 2]. Дискретная версия:

$TV(x) = \sum_n |D(x)|$, где $D(x) = x_{t_n} - x_{t_{n-1}}$ - дискретная производная. Главные эффекты TV - сглаживание однородных областей при сохранении граней. Задачу можно переписать в следующем виде:

$$g(x) = \operatorname{argmin}_x \|y - Hx\|_2^2 + \lambda \sum_n |D(x)|, \lambda > 0 \quad (7)$$

Решение (7) будет в виде:

$$x = (H^T H)^{-1} (H^T y - \lambda \sum_n |D(x)|) \quad (8)$$

Такой функционал TV из (8) не является гладкой функцией. Можно заменить абсолютное значение на гладкое абсолютное значение. Сглаженная TV-норма:

$$J(x) = \sum \sqrt{(\|grad(x)\|^2 + \epsilon^2)} \quad (9)$$

В (9) ϵ – параметр регуляризации. Решение можно сделать итерационным, так как априорная информация не является квадратичной, поэтому не может быть выражена в форме Фурье. Шаг итерации можно представить так [8, стр. 21, формула (23)]:

$$x^{k+1} = x^k - \tau(h * (h * x^k - y) + \lambda grad(J(x^k)))$$

$$grad(J(x)) = -div \left(grad(x) / \sqrt{(\|grad(x)\|^2 + \epsilon^2)} \right) \quad (10)$$

В (10) **div** – дивергенция, τ - шаг спуска. Такой способ имеет название в методах оптимизации как градиентный спуск.

Из вышеизложенного следует, что есть несколько способов решения проблемы. Для задачи необходимо выбрать ядро размытия, которое предполагается известным априори. Одно из решений - представить ядро Гауссовским. Такое ядро подчиняется двумерному Гауссовскому распределению.

Сравнение методов

Краткое сравнение предложенных методов регуляризации решения: (таблица 1)

Таблица 1

Вид регуляризации	Дополнительные параметры	Тип алгоритма	Причина использования
Обычная регуляризация	λ	неитерационный	Простота использования
Регуляризация Соболева	$\lambda, grad(x)$	неитерационный	Избавление от шума
Регуляризация TV	$\lambda, grad(x), \epsilon, \tau$	итерационный	Сохранение четких граней изображения

Как видно из Таблицы 1, у методов есть как преимущества, так и недостатки. Итерационные будут требовать больше параметров на входе, а также дольше производить вычисления ввиду нескольких шагов. Но причиной использования, например, итерационного TV-метода является сохранение более естественного первоначального облика изображения. Можно сделать вывод, что методы нуждаются в тестировании.

Практические результаты

В качестве метрики, по которой будут выбираться необходимые параметры λ была взята величина SNR. Отношение сигнал/шум (SNR) — безразмерная величина, равная отношению мощности полезного сигнала к мощности шума. Обычно отношение сигнал/шум выражается в децибелах (дБ). Чем больше это отношение, тем меньше шум влияет на характеристики системы. Формула: $SNR(dB) = 20 \log_{10}(A_{signal}/A_{noise})$, где A — среднеквадратичное значение амплитуды.

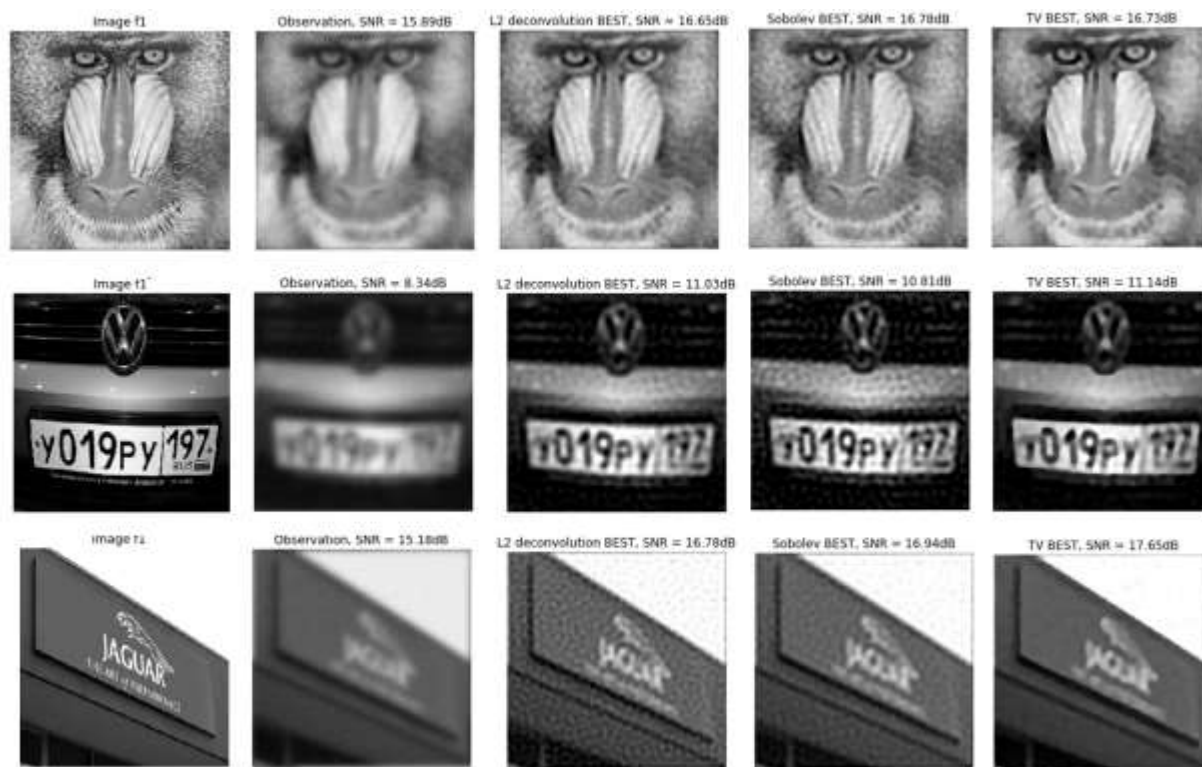


Рис. 1. Слева направо: исходные изображения, наблюдаемые, L2-деконволюция, деконволюция по Соболеву, TV деконволюция

На рис.1 представлены результаты тестирования для 3 изображений с различными видами регуляризации, описанными выше.

В результате тестирования было выяснено, что для каждого изображения характерен свой параметр λ , а также свой метод деконволюции, что не позволяет сделать сразу однозначный вывод о применимости алгоритмов. В дальнейшем планируется более обширное тестирование данных методов для большего количества изображений для определения более весомых достоинств и недостатков для каждого из алгоритмов.

Список литературы

1. Новости // Mashable URL: <http://mashable.com/2017/09/25/instagram-800-million/#qrP1R8y2VOqn> (дата обращения: 20.12.2017).
2. Rob Fergus, Barun Singh, Aaron Hertzmann, Sam T. Roweis, William T. Freeman. Removing camera shake from a single image // SIGGRAPH, Boston, 2006.
3. Mark B. Cannell, Angus McMorland, and Christian Soeller. Image Enhancement by Deconvolution // Handbook Of Biological Confocal Microscopy, стр. 488-500, 2006.
4. Pablo Ruiza, Xu Zhou, Javier Mateos, Rafael Molina, Aggelos K. Katsaggelos. Variational Bayesian Blind Image Deconvolution: A review// Digital Signal Processing Volume 47, стр. 116-127, 2015.

5. Ivan Selesnick. Least Squares with Examples in Signal Processing// NYU-Poly, 7 марта, 2013.
6. Gabriel Peyre'. The Numerical Tours of Signal Processing- Advanced Computational Signal and Image Processing//IEEE Computing in Science and Engineering, 13 (4), стр.94-97, 2011.
7. Fikret Isik Karahanoglu, Ilker Bayram, Dimitri Van De Ville. A Signal Processing Approach to Generalized 1D Total Variation// IEEE Transactions on Signal Processing (Volume: 59, Issue: 11, Nov. 2011), стр. 5265-5274
8. Nicolas Dey, Laure Blanc-Féraud, Christophe Zimmer, Pascal Roux, Zvi Kam, Jean-Christophe Olivo-Marin, Josiane Zerubia. 3D Microscopy Deconvolution using Richardson-Lucy Algorithm with Total Variation Regularization. [Research Report] RR-5272, INRIA. 2004, pp.71. <inria-00070726>

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ ТРЕНЕРОВ ДЕЛЬФИНОВ

Ю.Л. СЕМЕНОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В настоящее время в обучении всё чаще применяются компьютерные программы. Они помогают автоматизировать обучающий процесс и сократить временные и финансовые затраты на обучение. Использование компьютерной программы также актуально на начальном этапе подготовки тренеров дельфинов. Для повышения эффективности обучения предложено модифицировать математическую модель, лежащую в основе существующей обучающей программы тренеров дельфинов, применив адаптивный подход к обучению. В работе проведён сравнительный анализ аналогов и обоснованы преимущества предложенного подхода.

Ключевые слова: обучающая программа, традиционная модель, адаптивная модель, тренировка дельфинов.

Основной проблемой, рассматриваемой в данной статье, является необходимость оптимизации созданной ранее обучающей программы тренеров дельфинов путём изменения математической модели, лежащей в основе алгоритма. Это связано с тем, что традиционная модель обучения имеет общий подход ко всем обучаемым, не учитывая такие важные характеристики, как начальный уровень знаний и индивидуальные особенности обучаемых. В связи с этим возникает проблема излишних временных затрат на обучение одних сотрудников, а также проблема плохого усвоения материала другими. Применение адаптивной модели обучения позволит подобрать оптимальный курс программированного обучения и контроля знаний индивидуально для каждого обучаемого.

Таким образом, целью работы является применение адаптивного подхода в программе обучения тренеров дельфинов.

Для того чтобы показать необходимость применения данного подхода, сравним его с существующими аналогами по главным критериям обучения.

Критерии сравнения аналогов

Наиболее важным критерием в обучении является критерий эффективности обучающего процесса. Данный критерий определяет то, насколько хорошо обучаемый усваивает полученный материал после прохождения обучения. Имеет прямую связь с временным ресурсом и ставит перед собой задачу построения обучающего курса таким образом, чтобы за минимальное время добиться максимальных результатов.

Вторым рассматриваемым критерием является требуемый временной ресурс. Данный критерий определяет количество времени, которое должен затратить сотрудник для прохождения полного курса обучения на тренера дельфинов.

Для выбора кандидата, наиболее подходящего на должность тренера дельфинов, необходимо провести базовое обучение и тестирование всех кандидатов. Так как бюджет, выделяемый организацией на набор и обучение новых сотрудников, ограниченный, имеет смысл рассматривать финансовый критерий.

Сравнение аналогов

В таблице 1 приведено сравнение существующих подходов к обучению тренеров дельфинов по выбранным для рассмотрения критериям.

Таблица 1

Сравнение аналогов

Аналог \ Критерий	Время	Финансы	Эффективность
Программа на основе традиционной модели обучения	+	+	+ -
Обучающие игры	+	+	-
Обучающие курсы	-	-	+
Программа на основе адаптивной модели обучения	+	+	+

В результате сравнения можно прийти к выводу, что программа обучения тренеров дельфинов на основе адаптивной модели имеет преимущества по сравнению с существующими аналогами по всем трём рассматриваемым критериям.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение области применения программы: планируется добавление обучающего материала и модификация программы для возможности обучать не только тренеров дельфинов, но и тренеров по работе с другими морскими млекопитающими.

Список литературы

1. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. – 400 с.
2. Романцев В.В. Аналитические модели систем массового обслуживания: учеб. пособие. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1998. 67 с.
3. Дулин С.К., Репьев А.В. Программная реализация обучающей системы на основе адаптивной модели обучения //международный журнал ППС. – 2007. – №1. – С. 52–55.
4. Семенова Ю.Л. Разработка обучающей программы тренировки дельфинов / ВКР, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016 – 63 с.
5. Дидактика. Часть II. Технологии процесса обучения: Учебное пособие/ Автор-составитель В. И. Смирнов. – Нижний Тагил: Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия, 2012. – 544 с.
6. Игры про дельфинов. [Электронный ресурс] URL: <http://multoigri.ru/igri-pro-delfinov>. (Дата обращения: 03.03.2018).

СЕМАНТИЧЕСКАЯ РАЗМЕТКА БОЛЬШИХ КОЛЛЕКЦИЙ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КРАУДСОРСИНГА

И.А. ЩЕРБАКОВ, А.В. ПОНОМАРЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Семантическая разметка объектов позволяет значительно повысить возможности поиска, однако сам процесс получения семантической разметки является трудоемким и не в полной мере автоматизируемым. Работа посвящена применению краудсорсинга для получения семантической разметки произвольных информационных объектов классами онтологии, записанной на языке OWL 2. Одной из важных проблем при этом является обеспечение качества разметки. Таким образом, в работе предлагается Web-приложение для семантической разметки объектов участниками сообщества, включающее алгоритм согласования и обеспечения качества результатов, учитывающий особенности отношений между классами онтологии.

Ключевые слова: Семантическая разметка, микроразметка, краудсорсинг, контроль качества, OWL 2, Web-приложение.

За последние годы применение семантической разметки (в том числе, микроразметки, след которой можно найти в проектах Google, Yandex, Bing и Yahoo) для различных целей становится всё более и более популярным. Основным достоинством семантической разметки является то, что с ее помощью можно снабжать объекты (например, страницы Интернет) тегами и атрибутами, обладающими определенной семантикой, одинаково трактуемой различными участниками информационной среды. В частности, такая разметка активно используется поисковыми системами для более «осмысленного» поиска объектов. От того, насколько качественно составлена семантическая разметка, зависит релевантность страницы, правильное отображение текста, машиночитаемость и автоматическое извлечение необходимой информации.

Существуют два основных подхода в реализации семантической разметки: автоматическая и ручная. Автоматическая разметка предполагает собой понимание и анализ компьютером информации на странице. Такая технология могла бы стать одним из главных мостов для коммуникации человека с искусственным интеллектом, но на сегодняшний день подобных полноценных систем не существует. Ручная разметка отличается тем, что человек выполняет анализ и структуризацию информации на странице самостоятельно. Это позволяет полностью контролировать набор тегов и атрибутов разметки, но задача становится очень сложной при наличии большого количества страниц или объектов.

Решить проблему трудоёмкости ручной разметки позволяет технология краудсорсинга. Она представляет собой привлечение широкого круга лиц к решению проблем производственной деятельности на добровольных началах с применением инфокоммуникационных технологий. Краудсорсинг отлично подходит для сбора идей, голосов и обработки материала, что очень полезно для выполнения задач семантической разметки в рамках разрабатываемой системы.

Однако, при всех достоинствах этой технологии, ее применение связано с рядом трудностей [1]. Прежде всего встаёт вопрос о компетентности краудсорсеров и качества их работы. Под качеством принято понимать соответствие результата выполнения

некоторой задачи (сбора или обработки информации) с помощью краудсорсинга и «истинного» результата этой задачи, который на практике является результатом, полученным от компетентного «эксперта» [2]. Данная проблема вытекает из общей склонности человека к ошибкам и неправильных алгоритмов оценки результатов, и для её решения необходим определенный алгоритм согласования результатов.

В существующих алгоритмах согласования результатов оценка качества, как правило, выполняется по строгому совпадению мнений добровольцев, что не вполне применимо к семантической разметке. Здесь важно учитывать количество тегов разметки, качество уточнения новой информацией по сравнению с текущей, связь атрибутов между собой и многое другое. К примеру, большинство пользователей может оценить изображение лошади тегом «Млекопитающие», но другой пользователь решил добавить тег «Парнокопытные». Так как класс онтологии «Парнокопытные» является подклассом класса «Млекопитающие» и так как он имеет более тесную связь с классом «Лошадь» система отдаст приоритет тегу «Парнокопытные», невзирая на более высокую популярность тега «Млекопитающие».

Для этого в работе помимо технического решения предлагаются специфичные алгоритмы согласования и обеспечения качества результатов семантической разметки, полученных от разных участников. Важным аспектом является набор семантических отношений, которые будут учитываться в алгоритмах. Для того, чтобы сделать систему как можно более универсальной за основу взяты семантические отношения, предлагаемые языком OWL 2. Онтологии OWL 2 обеспечивают классы, свойства, индивиды, и значения данных и хранятся в виде семантических веб-документов типа RDF.

Конкурентом в данной области является система Semantic Mediawiki. Однако, в ней не предусмотрена автоматизация управления качеством [3]. Соответственно, область применения разработанной системы другая.

В результате анализа различных видов отношения, описанных в OWL, были выделены следующие отношения, которые учитываются при сопоставлении результатов: SubClassOf, DisjointClasses, EquivalentClasses, SymmetricObjectProperty, AsymmetricObjectProperty, DisjointObjectProperty, ReflexiveObjectProperty, IrreflexiveObjectProperty, FunctionalObjectProperty, InverseFunctionalObjectProperty.

Данный проект реализован в виде Web-приложения на языке Java с инструментом для сборки Maven. Он имеет свою базу данных, сервер и интерфейс пользовательского взаимодействия в формате JSP или HTML. Серверная часть реализована с помощью библиотеки Spring, а клиентская часть сконструирована совместно с библиотекой Bootstrap. Взаимодействие данной среды с онтологией семантических отношений базируется на Java-инструменте Apache Jena. В частности, с помощью Jena происходит обработка и оценка набора тегов, отсылаемого краудсорсером. По результатам оценки качества разметки каждому пользователю присваивается определенный рейтинг доверия. Причём, вердикт системы контроля качества основывается на текущем рейтинге доверия пользователя и анализе набора тегов с использованием онтологии семантических отношений совместно с оценкой результатов пользователя по разметке объектов с известным набором тегов, составленных доверенным экспертным лицом.

С данной системой можно взаимодействовать как Гость, Пользователь (краудсорсер), Администратор (эксперт) или Модератор. Гость имеет возможность зарегистрироваться, просмотреть загруженные объекты, выполнить поиск и войти в систему как Пользователь, Администратор или Модератор. Пользователь, по факту, является краудсорсером и,

помимо просмотра или поиска по объектам, может добавлять набор тегов к выбранному объекту. Администратор, в свою очередь обладает всеми возможностями Пользователя, а также имеет возможность заблокировать Пользователя, чью работу он считает некомпетентной, просмотреть все наборы тегов, добавленные Пользователями к определенному объекту, добавлять наборы тегов от лица эксперта, а также задавать или изменять онтологию семантических отношений. Важную роль играют и Модераторы, которые помимо действий Гостя обладают возможностью добавлять объекты в систему. Данные взаимодействия можно посмотреть подробнее на Use Case диаграмме (рис. 1).

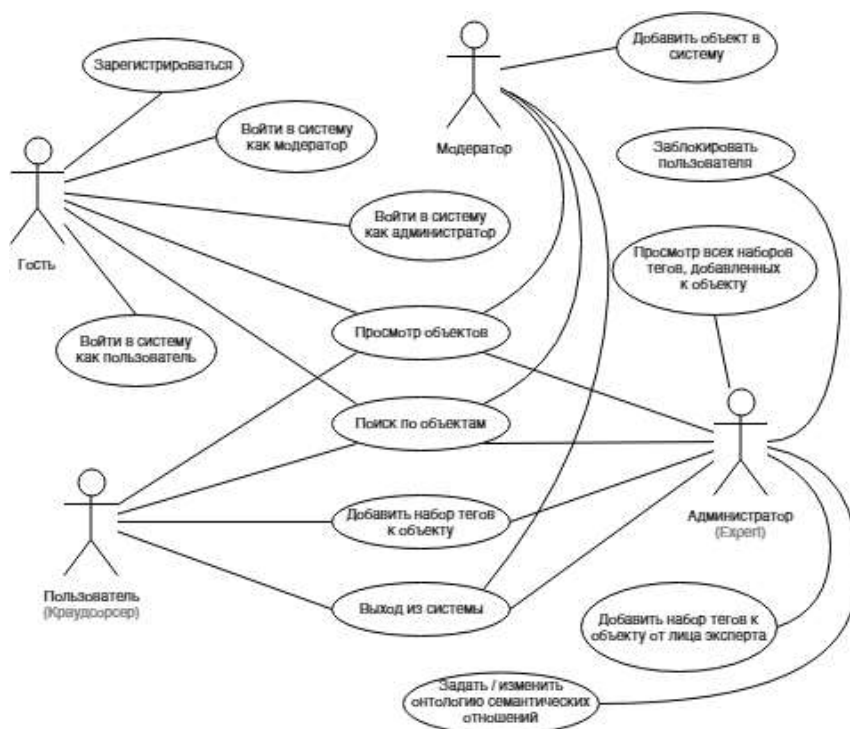


Рис. 1. Use Case диаграмма

В результате разрабатываемая система ориентирована на группу людей, являющихся краудсорсерами, которые заинтересованы в структурировании объектов определенной области. Это может быть библиотека научных статей, сборник литературы, разделённый по жанрам или же база данных для обучения нейросетей. Область применения ограничена лишь наличием заранее спроектированной экспертом онтологии семантических отношений, описанной на языке OWL 2. Следовательно, разрабатываемая система имеет потенциал стать универсальным продуктом по более эффективному структурированию информации и внести свой вклад в развитие семантических сетей.

Список литературы

1. Jonathan Bragg, Mausam, Daniel S. Weld. Learning on the Job: Optimal Instruction for Crowdsourcing. // University of Washington, AAMAS – 2015. – Pages 1-3.
2. Пономарев А.В. Методы обеспечения качества результатов в системах крауд-вычислений: аналитический обзор // Труды СПИИРАН. – 2017. – Вып. 5(54). – С. 152-184.
3. Рогушина Ю.В. Семантические wiki-ресурсы и их использование для построения персонифицированных онтологий // Proceedings of the 10th International Conference of Programming UkrPROG - 2016. - № 2-3(спец. вып.). - С. 188-195.

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ДОКЛАД ПЛЕНАРНОЙ СЕССИИ

ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ ВЫПУСКНИКОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

А.И. РУМЯНЦЕВ, А.Ю. ТАРАКАНОВ

АО «Научно-исследовательский институт «Вектор»

Аннотация. Применение современных технологий, в том числе с использованием сообщений спутниковых навигационных группировок для задач оперативной диагностики ионосферы и высокоточной синхронизации разнесенных в пространстве цифровых радиоприемных устройств, широкополосной цифровой обработки сигналов, прямой цифровой синтез сигналов, методы и пакеты электродинамического моделирования позволяют существенно улучшить технические характеристики разрабатываемых радиотехнических комплексов. В докладе приводятся примеры реализации. Выпускники радиотехнических специальностей для быстрой адаптации и востребованности в организациях промышленности должны быть знакомы с возможностями современных технологий, в том числе в области программирования, и обладать необходимыми компетенциями для их разработки и реализации.

Ключевые слова: распространение радиоволн, спутниковые технологии, ионосфера, погрешность измерения, синхронизация, требования к компетенциям, универсализация образования

Облик радиотехнических устройств и комплексов, создаваемых на предприятиях промышленности, за последние пять-десять лет претерпел существенные изменения и, прежде всего, в части внедрения цифровых методов приема и обработки сигналов. Да и вся область радиотехники стала другой, цифровой. Это особенно заметно радиоинженерам, получившим базовое образование по радиотехническим специальностям в шестидесятых - восьмидесятых годах. Появились и получают все большее развитие цифровое радио- и телевидение. Массовое распространение получили наземные, встроенные в пользовательские гаджеты, GPS и GLONASS спутниковые приемники, обеспечивающие благодаря развернутым орбитальным навигационным группировкам возможность определения своего местоположения в любое время, теперь уже 4-х действующих систем (GPS, GLONASS, GALILEO, КОМПАС).

Развитие современной мобильной цифровой радиосвязи поражает своей динамикой в области разработки цифровых методов КАМ, OFDM модуляции, прямого цифрового синтеза, помехозащищенных способов кодирования информации, обеспечивающих высокую пропускную способность и помехозащищенность в многолучевых каналах распространения радиоволн. Рабочее проектирование СВЧ антенн выполняется с использованием пакетов электродинамического моделирования FEKO, HFSS, CST Microwave Studio, позволяющих оценить их направленные свойства, качество согласования с фидером и влияние окружающих объектов.

В профессиональном сообществе радиоинженеров, работающих в промышленности, технологические достижения в области спутниковой навигации, связи, программных методов обработки информации начинают активно использоваться для улучшения характеристик и повышения эффективности других разрабатываемых комплексов, в том числе, для прогноза распространения радиоволн, определения координат источников радиоизлучений, средств радиомониторинга и радиоконтроля, уменьшения влияния интерференции.

Можно привести некоторые примеры использования достижений спутниковых технологий. Например, величина задержки при распространении сигналов навигационных сообщений L1 и L2 диапазонов в ионосфере может эффективно использоваться для оперативной диагностики и определения критических частот и высот максимумов ионосферных слоев, что позволяет быстро и гораздо точнее по сравнению со среднемесячным ионосферным прогнозом выбирать оптимальные рабочие частоты на линиях коротковолновой связи, особенно, в периоды магнитосферных возмущений. Сами же значения задержек первоначально использовались и предназначались для определения дифференциальных поправок с целью повышения точности позиционирования наземных объектов.

Линейная комбинация фазовых и кодовых измерений псевдодальностей на частотах L1 и L2, определяемая выражениями (1, 2), соответствует полному электронному содержанию в столбе холодной ионосферной плазмы (TEC) от спутника до приемника, причем кодовые значения IR, получаемые по огибающей корреляционной функции псевдослучайного спутникового сигнала, позволяют разрешить неоднозначность более точных фазовых измерений IL по несущей частоте.

$$I_L = \frac{1}{40,308} \frac{f_1^2 f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} [(n_1 \lambda_1 - n_2 \lambda_2) - (\Phi_1 \lambda_1 - \Phi_2 \lambda_2)] + \nu, \quad (1)$$

$$I_R = \frac{1}{40,308} \frac{f_1^2 f_2^2}{(f_2^2 - f_1^2)} (R_1 - R_2) + C + \varsigma, \quad (2)$$

где C – сумма ошибок дифференциального смещения кода (Differential Code Biases) передатчика и приемника; ν , ς - шум фазовых и кодовых измерений. Для GPS $f_1 = 1575,42$ МГц, $f_2 = 1227,6$ МГц:

$$\frac{1}{40,308} \frac{f_1^2 f_2^2}{(f_2^2 - f_1^2)} \approx 9,5178 * 10^{16}$$

Таким образом, для СРНС GPS каждый метр дифференциальной задержки сигнала соответствует величине $\sim 9,5178$ TECU (значение TEC в столбе холодной плазмы площадью 1 м^2 , умноженное на 10^{-16}).

Приравнивание текущего значения TEC значению, вычисленному по вертикальному профилю электронной концентрации модели ионосферы IRI (Международная справочная модель ионосферы) с использованием управляющего параметра позволяет получить текущие и более точные значения критических частот и высот максимумов ионосферных слоев. На Рис.1 показан пример рабочего окна программы оперативной диагностики ионосферы на основе обработки данных навигационных спутников.

Другим примером использования достижений спутниковых технологий является возможность временной и фазовой синхронизации пространственно разнесенных

цифровых радиоприемных устройств радиотехнических модулей различного назначения с погрешностью до единиц наносекунд к бортовым атомным стандартам частоты и времени навигационных спутников, имеющих частотную и временную стабильность 10^{-13} . Это позволяет реализовывать сетцентрические технологии совместной когерентной обработки пространственно разнесенных радиотехнических модулей в задачах, требующих определения направления распространения радиоволн на источники радиоизлучений с высокой точностью.

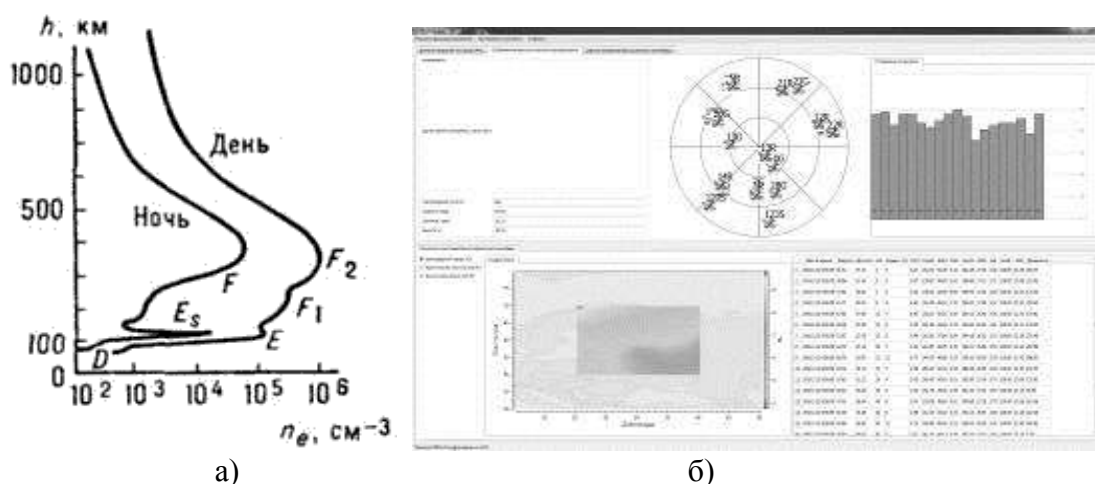


Рис.1 а) высотный профиль электронной концентрации; б) интерфейс рабочего окна программы оперативной диагностики ионосферы по данным TEC навигационных приемников

Выражение (3) определяет погрешность в определении азимутального угла направления распространения радиоволны, которая зависит от ошибки измерения разности фаз разнесенных антенн, длины волны и расстояния между антеннами.

$$\Delta\varphi = \Delta\psi\lambda / 2\pi d \cos\alpha \cos\varphi, \quad (3)$$

где ψ - измеряемая разность фаз; $\Delta\psi$ - погрешность измерения разности фаз; λ - длина волны; φ , α – азимут и угол места; d - расстояние между антеннами; $\Delta\varphi$ - ошибка измерения пеленга.

При фиксированной погрешности измерения разности фаз ошибка измерения направления прихода радиоволны может быть уменьшена путем увеличения пространственного разнеса. Естественно, при этом необходимо разрешить неоднозначность фазовых измерений, возникающую на большой базе, и обеспечить когерентность опорных напряжений для работы АЦП и запуска DDC в цифровых пространственно разнесенных приемниках.

Синхронизация достигается при приеме навигационных сообщений от спутников о времени передачи секундных импульсов PPS с использованием фазовой подстройки наземных управляемых опорных генераторов спутниковых приемников. На Рис.2 представлена структура такого синхронизационного спутникового приемника, формирующего синхронизированное с бортовым атомным стандартом напряжение частоты $f = 10$ МГц и секундные импульсы PPS.

В свою очередь, цифровой исполнительный приемник, взаимодействующий в когерентном режиме измерений с другим пространственно удаленным приемником, должен включать средство синхронизации в виде такого спутникового приемника,

вырабатывающего опорные напряжения для АЦП и DDC, синхронизированные с бортовым атомным стандартом частоты и времени.

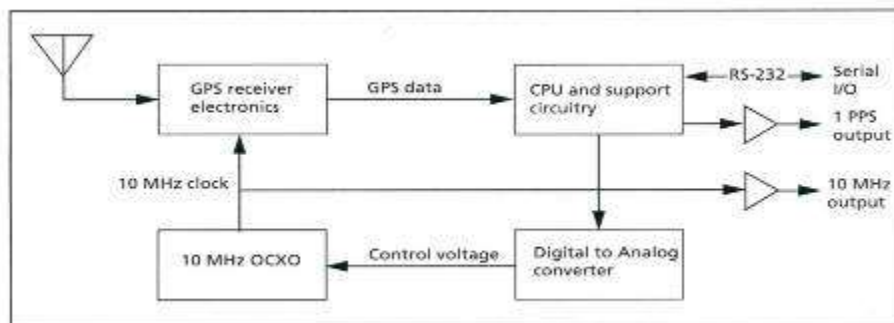


Рис.2 Структура спутникового синхронизационного приемника Thunderbolt-E

Новые возможности обеспечивают современные программные пакеты электродинамического моделирования FEKO, HFSS, CST Microwave Studio, позволяющие значительно уменьшить объем экспериментальных макетов при разработке антенн СВЧ диапазона, промоделировать ожидаемые диаграммы направленности, качество согласования и влияние носителя.

Приведенные примеры применения современных возможностей спутниковых технологий, а этих возможностей неизмеримо больше, чем приведенные примеры, предъявляют к образовательным компетенциям выпускников ВУЗов радиотехнических специальностей дополнительные требования как в области знакомства с основными принципами работы новых технологических направлений, так и умения работать с программируемыми аппаратными средствами и пакетами моделирования.

Современное исследовательское рабочее место содержит многоканальный цифровой программируемый генератор, цифровые приемники ВЧ-УВЧ диапазона, спутниковые синхронизационные приемники, промышленный компьютер и требует разработки интерактивного интерфейсного программного приложения, реализующего функции управления и измерения.

Из этого сравнения очевидно, что современный инженер, получивший базовое образование по радиотехническим специальностям (радиотехнические цепи и сигналы, радиоприемные и радиопередающие устройства, антенны, теория поля, распространение радиоволн), должен обладать компетенциями (знаниями и умениями) для работы в цифровой аппаратной и программной среде, обеспечивающими ему возможность:

- грамотно собрать и подключить к компьютеру цифровые аппаратные средства;
- разработать интерфейсную программу, обеспечивающую отображение и управление параметрами программируемых аппаратных средств, формирование сигналов произвольной структуры и исследовать таким образом алгоритмы и методы обработки сигналов.

Это означает необходимость большей универсализации радиотехнического образования, дополнения его устойчивыми навыками программирования, возможно, в среде LabView, которая на современном этапе видится нам наиболее подходящей для выпускников радиотехнических специальностей прежде всего по возможностям содержащихся в ней средств цифровой обработки сигналов, моделирования и разработки интерфейсных программ и на основе практического опыта, может быть быстро освоена.

Через какое-то время устойчивые навыки программирования должны стать необходимым элементом образовательных компетенций для всех специальностей, так как именно эти навыки позволяют осуществить перевод с физического языка задачи на исполняемый язык цифровой и программируемой аппаратной среды. А кроме этого следует добавить самостоятельность, творческий поиск и настойчивость в решении технических задач.

Именно сочетание радиотехнических знаний с компетенциями в области программирования, умением самостоятельно и изобретательно находить технические решения с использованием передовых технологий создают облик выпускника ВУЗа, востребованного сегодня в промышленности.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАДИОМОДУЛЯ RF868 PLC\RF-МОДЕМА ГЕТЕРОГЕННОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

М. В. БЕЛЯЕВ, А. Г. СЕРГУШЕВ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"

им. В.И. Ульянова (Ленина)

². ОАО «Авангард»

Аннотация. В статье рассматривается PLC\RF-модем гетерогенной системы связи на основе беспроводной сенсорной сети, производится обзор существующих беспроводных персональных сетей и обосновывается выбор одной из них для использования в радиомодуле RF868, параметры которого также оцениваются в данной статье.

Ключевые слова: модем, сенсорная сеть, широкополосные системы связи, узкополосные системы связи, ЛЧМ.

Постановка задачи разработки радиомодуля RF868 PLC\RF-модема

В настоящее время во многих сферах деятельности остро стоит вопрос об автоматизации производства: предлагается множество решений, каждое из них имеет как свои плюсы, так и минусы. Нередко применяются довольно дорогостоящие и неуниверсальные системы сбора, контроля и учета энергоресурсов, применив их на одном объекте, они, с высокой долей вероятности, могут быть неэффективны на другом объекте. Также остается открытым вопрос организации эффективной mesh – сети, создание которой требует использования устройств, обслуживающих сразу множество датчиков, а не одного.

В этом докладе будет рассмотрена работа радиомодуля RF868 PLC\RF модема, а также приведены расчеты энергетических характеристик канала связи и обоснование выбора технологии беспроводной сенсорной сети.

Обзор существующих технологий беспроводных сенсорных сетей

Были рассмотрены следующие технологии: WiFi, ZigBee, Z-Wave, 6LoWPAN, LoRaWAN, SigFox. Сравнительные характеристики каждой из них приведены в таблице 1

. Все системы связи можно разделить на два типа по ширине используемой полосы: широкополосные и узкополосные, принадлежность системы к тому или иному классу можно определить, воспользовавшись соотношением $f_c \geq 10 f_{\Pi}$ для широкополосных и $f_c < 10 f_{\Pi}$ для узкополосных, где f_c - центральная частота, f_{Π} - ширина полосы [1].

Стоит заметить, что некоторые компании позиционируют свои технологии как «сверхширокополосные» и «сверхузкополосные», также, на практике, некоторые из перечисленных беспроводных сетей стоят на границе разделения классов и являются своеобразными гибридами, что существенно отражается на их плюсах и минусах.

Таблица 1

Технические характеристики	Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave	6LoWPAN	LoRaWAN	SigFox
Частота	2.4 ГГц	868 МГц/ 2.4 ГГц	868 МГц	868 МГц	868 МГц	868 МГц
Дальность	До 100 м	До 100 м	До 30 м	До 5 км	До 5 км	До 10 км
Энергопотребление	Высокое	Низкое	Низкое	Низкое	Низкое	Низкое
Скорость передачи	До 7 Гбит/с	До 250 кбит/с	До 100 кбит/с	До 1.25 Мбит/с	До 50 кбит/с	До 1000 бит/с
Стандарт	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	Z-Wave	IEEE 802.15.4g	LoRaWAN	-

Сравнение широкополосных и узкополосных систем связи

Основными преимуществами широкополосных систем связи являются: высокая скорость передачи, защита от направленных помех, возможность двусторонней связи, возможность кодового разделения, большое количество частотных каналов. Из минусов можно выделить высокий уровень шумов, равномерно распределенных по всей полосе и сложность производства соответствующего оборудования.

Плюсами узкополосных систем можно назвать хорошую проникающую способность сигнала в условиях плотной городской застройки в сочетании с дальностью распространения и сравнительно малое количество шумов распределенных по полосе. Из недостатков можно отметить практически полную незащищенность таких систем от наведенных помех, высокая сложность реализации симметричной связи и низкую скорость передачи данных.

Принципы разделения каналов и сигналов

Каждое отдельное устройство использует не всю выделенную системе полосу, а лишь ее часть – канал. В количестве каналов узкополосные системы значительно уступают широкополосным, но они также располагают несколькими. Рассматриваемые системы обладают следующим делением каналов: Wi-Fi – 14 каналов по 22 МГц, Z-Wave – 3 канала по 300 кГц, ZigBee – 27 каналов по 2 МГц, SigFox – каждый канал имеет полосу в 100 Гц, без разделения. LoRaWAN – 8 каналов по 125 кГц (в РФ).

Помимо частотного разделения, присутствует еще кодовое и временное.

Кодовое разделение – это технология дополнительного разделения полосы на подканалы с последующей кодировкой каждого по определенному алгоритму, который известен только передатчику и приемнику. Данным методом могут воспользоваться только широкополосные системы, такие как LoRaWAN – использует CSS (линейная частотная модуляция [2],[3]), ZigBee, Wi-Fi, 6LoWPAN – используют DSSS (метод прямой последовательности для расширения спектра [4]).

Временное разделение – сохранение определенного временного интервала между передачей импульсов. Wi-Fi – соблюдает интервал в 400 нс, ZigBee – 625 мкс, 6LoWPAN –

625 мкс, LoRaWAN – до 128 с, в зависимости от типа устройства. Данные по SigFox и Z-Wave не были найдены в свободном доступе.

Обоснование выбора технологии беспроводной сенсорной сети

Из поставленной задачи были сформулированы следующие требования: низкое энергопотребление, высокая дальность, открытость стандарта технологии, возможность двусторонней связи. По первому критерию не подходит один кандидат – WiFi. Второй критерий обеспечивается за счет хорошей проникающей способности и мощности передатчика, и если первое условие можно рассчитать из частоты сигнала и его полосы, то второе зависит только от конкретного трансивера. У сигнала 868 МГц лучше проникающая способность, это можно понять из уравнения Фрииса [5]:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2, \quad (1)$$

где P_r - принимаемая мощность, P_t - передаваемая мощность, G_t - коэффициент усиления передающей антенны, G_r - коэффициент усиления приемной антенны, R - расстояние между антеннами, λ - длина волны. Из этого видно, что с увеличением частоты увеличивается затухание сигнала. Поэтому исключаются из рассмотрения технологии ZigBee, Z-Wave и WiFi. Следующий критерий – открытость стандарта, LoRaWAN и SigFox сразу исключаются из списка кандидатов, так как каждая из них имеет свой стандарт. Методом исключения, выбор пал на 6LoWPAN. Для использования был выбран модуль CC1200 (Texas Instrument) как оптимальный по стоимости, энергопотреблению, усилению сигнала и чувствительности.

Расчет энергетических характеристик канала связи

Расчет был проведен двумя способами: теоретическим (с помощью уравнения Фрииса (1)), а также была получена модель в табличном процессоре Excel, предоставленного Texas Instruments и являющегося свободно распространяемым продуктом.

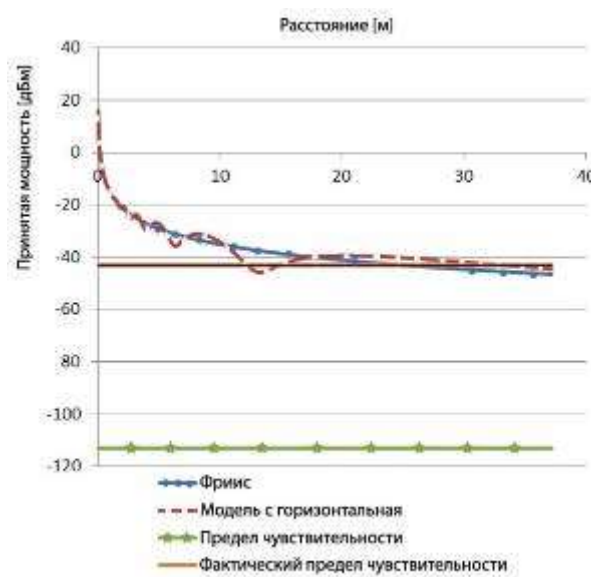


Рис. 1. Модель системы в табличном процессоре Excel (Texas Instruments)

Недостаток уравнения Фрииса – произведенные с его помощью расчеты отражают идеальную ситуацию, не учитывающую затухания сигнала на препятствиях, то есть когда

сигнал распространяется в зоне прямой видимости. Но, тем не менее, можно получить примерные энергетические характеристики системы. При исходных данных $P_t = 16$ дБ, $G_t = 2$ дБ, $G_r = 2$ дБ, $R = 100$ м, $\lambda = 0.35$ м затухание сигнала $P_r = -49$ дБ, что ниже порога чувствительности модуля CC1200 -123 дБм при скорости передачи в 2 кбит/с.

Однако нынешние радиопередающие системы часто работают в условиях плотной городской застройки и подвергаются влиянию помех. Была промоделирована ситуация, соответствующая исходным данным для уравнения Фрииса, но учитывающая препятствие в виде двух железобетонных стен 0.1 м, каждая из которых увеличивает затухание на 27 дБ, результаты показаны на рис. 1.

Оценка временных параметров

По предварительным оценкам, для обмена данными с концентратором необходимо иметь длину ответного кадра $L_{\text{отв}} = 50$ байт (400 бит) и длину запросного кадра $L_{\text{зап}} = 30$ байт (240 бит). При минимальной скорости передачи данных $V_{\text{min}} = 9600$ бит/с и времени на цифровую обработку сигналов около $T_{\text{обр.}} = 1/60$ с ($\approx 0,5L$, т.е. не более половины кадра) количество ежесекундно опрашиваемых электросчётчиков составит, согласно формуле (2) не менее:

$$N = \frac{V_{\text{min}}}{8 \cdot (L_{\text{зап}} + L_{\text{отв}}) + V_{\text{min}} \cdot T_{\text{обр.}}} = \frac{9600}{8 \cdot 80 + 9600 / 60} = 12 \text{ шт.} \quad (2)$$

Архитектура сети

Устройства с PLC/RF модемом поддерживают mesh – архитектуру. Каждый модем опрашивает ближайшие и в случае успеха передает данные концентратору. При неудаче он повторяет запрос 10 раз, затем переключается на опрос по каналу PLC.

Структура радиомодуля CC1200

Радиомодуль обладает следующими характеристиками [6]: рабочий диапазон – 868 МГц, скорость передачи данных – до 1.25 Мбит/с, дальность связи до 5 км в условиях прямой видимости, чувствительность до -123 дБм, потребление до 0.18 мВт при передаче, стандарт IEEE 802.15.4g

Список литературы

1. Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Широкополосные_сигналы (дата обращения: 01.03.2018).
2. Википедия. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Chirp_spread_spectrum (дата обращения: 01.03.2018).
3. Habrahabr. URL: <https://special.habrahabr.ru/kyocera/p/153237/> (дата обращения: 01.03.2018).
4. Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_расширения_спектра_методом_прямой_последовательности (дата обращения: 01.03.2018).
5. Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Формула_передачи_Фрииса (дата обращения: 01.03.2018).
6. Texas Instruments. URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1200.pdf> (дата обращения: 01.03.2018)

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ С ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ

О. В. БОГДАНОВА, Д. В. ХОЛОДНЯК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Представлен обзор современного состояния в области создания полосно-пропускающих фильтров СВЧ с электронной перестройкой, использующих малогабаритные резонаторы. Обсуждаются подходы к проектированию, достигнутый прогресс, проблемы и тенденции развития.

Ключевые слова: полосно-пропускающие фильтры; управляющие элементы; перестройка центральной частоты; перестройка полосы пропускания.

Полосно-пропускающие фильтры (ППФ) – важнейшие компоненты СВЧ-трактов приёмопередатчиков телекоммуникационных систем. ППФ используются для подавления паразитных гармоник передатчика и уменьшения внеполосной интерференции в приемнике. Применение перестраиваемых ППФ позволяет уменьшить необходимое количество независимых фильтров в составе СВЧ-тракта и понизить тем самым сложность, габариты и стоимость многодиапазонной системы связи.

Постоянно возрастающие потребности в высокоскоростной беспроводной передаче данных обуславливают необходимость эффективного использования существующих частотных диапазонов, а также освоения новых полос частот и стандартов беспроводной связи. Главную проблему на этом пути представляют неперестраиваемые фильтры, количество которых возрастает пропорционально числу используемых полос частот.

Одно из возможных решений проблемы состоит в переходе к программно-определяемым радиосистемам (ПОР) [1], которые используют широкополосную цифровую обработку сигналов. Для этого необходимы высокопроизводительные аналого-цифровые преобразователи, которые потребляют большую мощность, что ограничивает возможности их применений в устройствах носимой электроники. Наряду с этим ПОР подвержены влиянию интерференции при наличии помехи высокого уровня мощности [2]. Перестраиваемые фильтры СВЧ принципиально важны для создания реконфигурируемых многостандартных радиосистем, позволяющих более эффективно использовать перегруженный спектр частот путем настройки на полосу частот, наименее занятую в данный момент времени. Радиосистемы с динамическим перераспределением спектра рабочих частот на основе информации о внешней среде получили название когнитивного радио [3].

Несмотря на то, что потребность в реконфигурируемых радиосистемах давно очевидна, их широкому внедрению препятствует ряд инженерных и экономических проблем, требующих решения [2]. Вместе с тем исследования и разработки в области создания перестраиваемых СВЧ-фильтров интенсивно продолжаются. В настоящей работе представлен обзор современного состояния в области создания малогабаритных СВЧ-фильтров, подходов к их проектированию, существующих проблем и трендов. Мы ограничимся рассмотрением ППФ с электронной перестройкой.

Современное состояние. Перестройка центральной частоты и/или ширины полосы пропускания фильтра осуществляется с помощью управляющих элементов, в основу которых могут быть положены различные физические принципы. Управление может быть механическим, электрическим, магнитным, оптическим и тепловым. Электрическое

(электронное) управление может осуществляться при помощи пьезоэлектриков, полупроводников, сегнетоэлектриков, жидких кристаллов и т. д. [4]. Электронное управление получило наибольшее распространение благодаря высокой скорости перестройки, малым размерам и весу, низкой стоимости и высокой надёжности управляющих элементов.

В качестве электрических управляющих элементов, как правило, используются конденсаторы с переменной ёмкостью: полупроводниковые варакторные диоды, сегнетоэлектрические и микроэлектромеханические (МЭМ) конденсаторы. Помимо этого, применяют пьезоэлектрические актюаторы, которые позволяют обеспечить перестройку характеристик фильтра путем механического перемещения некоторых частей устройства.

P-i-n диоды и транзисторы находят применение в реконфигурируемых фильтрах в качестве ключей для выбора одного из двух предустановленных состояний. КМОП (или МЭМ) ключи в сочетании с набором конденсаторов позволяют изменять ёмкость в широких пределах с малым дискретом и представляют альтернативу варакторным диодам, обеспечивающим плавное изменение ёмкости.

Следует отметить, что, несмотря на успехи в разработке электрически управляемых переменных индуктивностей, такие управляющие компоненты все еще не получили широкого распространения и используются только в перестраиваемых фильтрах, выполняемых по технологии КМОП.

Перестраиваемые фильтры СВЧ-диапазона могут быть созданы на основе объёмных резонаторов [5]-[7], резонаторов на отрезках линий передачи [8], а также интегральных и дискретных элементах с сосредоточенными параметрами [11]-[14].

Коаксиальные объёмные резонаторы обладают высокой добротностью и выдерживают высокую входную мощность. Резонансная частота может перестраиваться путём изменения объёма резонатора или его нагрузки. Для перемещения крышки резонатора применяют пьезоэлектрические актюаторы и МЭМ-структуры, что позволяет перестраивать резонансную частоту, сохраняя высокую добротность резонатора и возможность работы на высоких уровнях мощности [5], [6]. Однако, скорость перестройки при этом невысока. Поэтому такой подход оправдан только для применений, для которых скорость перестройки менее важна по сравнению с остальными характеристиками перестраиваемого фильтра. Для изменения нагрузки объёмных резонаторов и, как следствие, для перестройки их резонансной частоты также могут применяться варакторные диоды [7]. Это снижает добротность резонатора, т.к. добротность варактора обычно значительно меньше, чем добротность объёмного резонатора.

Традиционно много перестраиваемых фильтров разрабатываются на резонаторах на отрезках линий передачи. Применяют прямые [8], кольцевые разомкнутые [9] и свёрнутые микрополосковые резонаторы. Свёрнутые резонаторы позволяют более эффективно использовать площадь подложки. Однако из-за сложной формы резонатора возможно возникновение паразитных эффектов, которые необходимо учитывать. Это усложняет проектирование, т. к. для получения предсказуемых характеристик фильтра требуется численное электродинамическое моделирование. С другой стороны, те же паразитные эффекты могут быть использованы для создания многомодовых свёрнутых резонаторов [10], что позволяет уменьшить требуемое число резонаторов и, следовательно, площадь подложки, занимаемую фильтром.

Неоспоримым преимуществом перестраиваемых фильтров на элементах с сосредоточенными параметрами являются их малые размеры в сравнении с длиной волны.

Их основной недостаток связан с низкой добротностью резонаторов, что приводит к высоким вносимым потерям в фильтрах. Тем не менее, такие перестраиваемые фильтры практически не имеют альтернативы для применений в нижней части СВЧ-диапазона.

Традиционно перестраиваемые ППФ на элементах с сосредоточенными параметрами выполняются на связанных параллельных LC-контурах с переменными конденсаторами [11]. В то же время ППФ на связанных последовательных LC-контурах предоставляют больше степеней свободы в случаях, когда необходимо обеспечить постоянную абсолютную ширину полосы пропускания или независимое управление центральной частотой и шириной полосы пропускания [13]. В частности, фильтры на последовательных LC-контурах обеспечивают более широкий диапазон перестройки центральной частоты при сохранении абсолютной ширины полосы пропускания и не нуждаются во внешних инверторах для сохранения постоянной абсолютной полосы пропускания [12].

ППФ на последовательных LC-контурах также менее чувствительны к разбросу параметров и имеют более симметричный частотный отклик. Избирательность фильтров на параллельных LC-контурах может заметно снижаться при увеличении полосы пропускания. ППФ на последовательных LC-контурах свободны от этого недостатка [13].

Передовые перестраиваемые ППФ на элементах с сосредоточенными параметрами используют смешанные электрические и магнитные связи для более гибкого управления шириной полосы пропускания [14], а также перекрестные связи для улучшения частотной избирательности путем введения нулей передаточной характеристики [15].

Основные проблемы перестраиваемых фильтров связаны с нелинейностью управляющих элементов, ограниченной допустимой входной мощностью, недостаточной добротностью, ограниченным диапазоном перестройки и тепловым дрейфом параметров.

Внутренняя нелинейность управляющих элементов накладывает ограничения на характеристики перестраиваемого фильтра. Так, нелинейность варакторного диода может приводить к компрессии передаточной характеристики, генерации гармоник и возникновению интермодуляционных искажений. Для фильтров с варакторными диодами в качестве управляющих элементов точка компрессии по уровню 1 дБ, которая характеризует способность выдерживать входную мощность, обычно достигается при входной мощности, не превышающей нескольких дБм. Это ограничивает применения таких фильтров приемными трактами.

Характеристики управляющих элементов могут изменяться с изменением температуры окружающей среды, что может оказывать значительное влияние на точность перестройки центральной частоты и ширины полосы пропускания фильтра. Температурный дрейф характеристик может быть компенсирован различными методами. Например, для перестраиваемого фильтра с варакторным управлением стабилизация центральной частоты может быть обеспечена с точностью до 0,01% в интервале температур от -40 до 100°C [11].

Вследствие уникально высоких характеристик СВЧ-фильтров на поверхностных и объемных акустических волнах были предприняты значительные усилия с целью обеспечить перестройку таких фильтров по частоте без ухудшения основных характеристик. Исследовались различные способы перестройки с применением ферритов, сегнетоэлектриков, акустического переноса заряда, а также собственного и наведенного пьезоэффекта. Однако перестройка, которая была достигнута для таких резонаторов, весьма незначительна, в то время как добротность при этом заметно снижается.

Ограниченный диапазон перестройки известных схемно-топологических решений ППФ заставляет искать новые подходы к построению перестраиваемых фильтров. Наиболее перспективными представляются подход, комбинирующий перестройку и переключение, а также создание многополосных перестраиваемых фильтров.

Для многополосных фильтров необходимы многомодовые резонаторы и элементы связи (инверторы сопротивления и проводимости), функционирующие в каждой интересующей полосе частот. В общем случае все резонаторы и инверторы должны перестраиваться, чтобы обеспечить гибкую перестройку центральных частот и полос пропускания многополосного фильтра. Даже в минимальном случае для двухполосного фильтра задача все равно остается достаточно сложной. В [16] были предложены новые перестраиваемые двухполосные инверторы сопротивления и проводимости на элементах с сосредоточенными параметрами и продемонстрированы их применения для разработки перестраиваемых двухполосных ППФ.

Потребность в динамически реконфигурируемых радиосистемах обусловлена переполнением радиочастотного спектра и непрерывно возрастающими требованиями к скорости беспроводной передачи информации. Ключевыми элементами для создания радиосистем новой архитектуры могут стать перестраиваемые фильтры СВЧ, на разработку которых в последнее время тратится много усилий. Несмотря на достигнутый прогресс и предложенные новые решения, в этой области все еще остается немало нерешенных проблем. В то же время, в разработке перестраиваемых фильтров наметились новые тенденции, которые могут привести к получению новых многообещающих результатов уже в ближайшем будущем.

Список литературы

1. Mitola, J. The software radio architecture // IEEE Commun. Mag. -1995- vol. 33, no. 5, pp. 26-38.
2. Rais-Zadeh, M., Fox, J. T., Wentzloff, D. D., Gianchandani, Y. B. Reconfigurable radios: a possible solution to reduce entry costs in wireless phones // Proc. IEEE -2015 - vol. 103, no. 3, pp. 438-451.
3. Mitola, J., Maguire, G. Q. Cognitive radio: making software radios more personal // IEEE Personal Commun. – 1999- vol. 6, no. 4, pp. 13-18.
4. Ahmed, A., Goldthorpe, I. A. and Khandani, A. K. Electrically tunable materials for microwave applications // Applied Phys. Rev. – 2015- no. 2, pp. 011302-1-17.
5. Mansour, R. R., Huang, F., Fouladi, S., Yan, W. D. and Nasr, M. High-Q tunable filters // IEEE Microwave Mag. -2014- vol. 15, no. 5, pp. 70-82.
6. Psychogiou, D. and Peroulis, D. Tunable VHF miniaturized helical filters // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. -2014 - vol. 62, no. 2, pp. 282289.
7. Anand, A. and Liu, X. Air cavities integrated with surface mount tuning components for tunable evanescent-mode resonators // 2016 IEEE MTTS Int. Microwave Symp., -2016- pp. 1-4.
8. Wang, X.-G., Cho, Y.-H. and Yun, S.-W. A tunable combline bandpass filter loaded with series resonator // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. -2012- vol. 60, no. 6, pp. 1569-1576.
9. Athukorala, L. and Budimir, D. Open-loop tunable resonators and filters with constant bandwidth // IET Microw. Antennas Propag. -2012 - vol. 6, no. 7, pp. 800-806.
10. Djoumessi, E. E., Chaker, M. and Wu, K. Varactor-tuned dual-mode bandpass filter for wireless applications //Proc. 2009 IEEE Radio Wireless Symp. -2009 - pp. 646-649.
11. Khater, M. A., Zeng, K. and Peroulis D. Temperature-compensated lumped element tunable bandpass filter // 2016 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. -2016 - pp. 1-4.
12. Kholodnyak, D., Turgaliev, V. and Baskakova, A. A method to design lumped-element tunable bandpass filters with constant absolute bandwidth // Proc. 44th European Microwave Conf.- 2014 - pp. 335-338.
13. Baskakova, A., Turgaliev, V. and Kholodnyak, D. Design of electronically tunable lumped-element bandpass filters with constant bandwidths // Proc. 46th European Microwave Conf. - 2016 - pp. 643-646.
14. Zeng, K., Psychogiou, D., D. Peroul, A. VHF tunable lumpedelement filter with mixed electric-magnetic couplings // Proc. 2015 IEEE 16th Annual Wireless Microwave Tech. Conf. – 2015 - pp. 1-4.

15. Liu, L., Xiang, Q.-Y., Hu, X., Zheng, Z., Di, Z., and Feng, Q. A 70 MHz ~ 270 MHz electrical tunable LC bandpass filter based on mixed coupling and cross-coupling // PIER Lett. – 2017 - vol. 66 - pp. 45-51.
16. Kholodnyak, D. Tunable dual-frequency immittance inverters on dual composite right/left-handed transmission lines (D-CRLH TL) with variable capacitors / D. Kholodnyak, E. Zameshaeva, V. Turgaliev, E. Vorobev // IEICE Trans. Electronics. – 2016. – V. E99-C, N. 10.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ И СМЕЩЕНИЯ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ МЕТОДОМ PPP

Д. В. ГАЙВОРОНСКИЙ, Е. ДАНИЛЬЧУК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе исследован метод PPP, описана структура RINEX-файлов изучены онлайн-службы, выполняющие постобработку на их основе. Проведено сравнение результатов работы данных сервисов. Дана оценка точности местоопределения рассмотренным способом.

Ключевые слова: CPHC, Precise Point Positioning, RINEX

Требования к точности позиционирования при помощи спутников всё растут, и на данный момент они достигают нескольких сантиметров [1]. Данную точность в состоянии обеспечить режим высокоточного абсолютного местоопределения или Precise Point Positioning (PPP). Он возможен без использования поправок от базовых станций благодаря наличию глобальных дифференциальных навигационных спутниковых систем [2].

Для реализации PPP требуется близкая к реальному времени доставка информации, а также точные параметры орбит и состояний шкал времени спутников. Метод PPP использует глобальную систему координат ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

Одним из главных достоинств данного метода является то, что для его реализации необходим только один ГНСС – приемник, независимо от расположения станций вблизи пользователя. Однако при этом возникают дополнительные сложности, такие как дороговизна двухчастотного оборудования и необходимость целочисленного разрешения неоднозначности.

В настоящее время для метода PPP ведется разработка режима реального времени. Существующий режим постобработки обеспечивает высокую точность и оперирует суточными данными.

Существует база данных SOPAC Data Browser (Scripps Orbit and Permanent Array Center), предоставляющего обширные данные о работе ГНСС GPS, результаты измерений, выполненных на станциях спутниковых сетей по всему миру.

В базе SOPAC в формате RINEX (Receiver Independent Exchange Format) хранятся суточные записи координат, времени и других промежуточных измерений навигационных приемников. На основе файлов данного типа можно производить последующую постобработку различными способами, одной из возможностей которой является уточнение координат. В Интернете функционирует ряд онлайн-сервисов, выполняющих задачу постобработки. Целью исследования стал обзор и сравнение работы этих сервисов. Ниже представлен список служб.

1. Natural Resources Canada. Канадская геодезическая информационно – справочная система. CSRS - PPP использует точные эфемериды спутниковой орбиты GNSS для

получения скорректированных координат с постоянной «абсолютной» точностью независимо от того, где находится пользователь, и от близости к известным базовым станциям [3].

Пользователи могут отправлять данные наблюдений RINEX с одно- или двухчастотных приемников, работающих в статическом или кинематическом режиме, через Интернет и восстанавливать улучшенные позиционные уточнения в Канадской пространственной справочной системе (CSRS) и Международной наземной опорной системе (ITRF)[3].

2. GAPS – Basic Submission Канадский онлайн – сервис от Университета Нью-Брансуик. GAPS предоставляет пользователям точное позиционирование спутника с использованием единого приемника GNSS как в статическом, так и в кинематическом режиме. Благодаря использованию точных орбитальных и синхронизирующих продуктов, предоставляемых такими источниками, как Международная служба GNSS (IGS) и Natural Resources Canada, можно добиться позиционирования сантиметрового уровня в статическом режиме и позиционирования на уровне дециметра в кинематическом режиме[4].

3. APPS – Automatic Precise Positioning Service. Американский онлайн-сервис, разработанный в Лаборатории Реактивного Движения, которая является отделением Калифорнийского Технологического института при поддержке NASA.

GPS (GDGPS) - это полная, высокоточная и чрезвычайно надежная система наблюдения и дополнения GNSS в режиме реального времени. Используя большую наземную сеть референсных приемников реального времени, инновационную сетевую архитектуру и программное обеспечение для обработки данных реального времени в реальном масштабе времени, система GDGPS обеспечивает точность позиционирования порядка нескольких сантиметров и субнаносекундную точность передачи времени в любом месте.

Полный массив информации о состоянии GNSS в режиме реального времени, данные об окружающей среде и вспомогательные продукты доступны в поддержку наиболее сложных операций по расширению GNSS, услуг Assisted GNSS (A-GNSS), ситуационной оценки и мониторинга окружающей среды - в глобальном масштабе, равномерно, точно и надежно [5].

4. Magic GNSS/PPP. Данная служба обрабатывает статические и кинематические данные ГНСС, представленные в формате RINEX. Она разработана испанской компанией GMV.

Результаты приходят на почтовый адрес и содержат информацию о спутниках, с указанием использованных для измерений, уходе часов, координатах, тропосферной задержке. Все данные представлены в виде таблиц и графиков. Данные о местонахождении представлены в картезианской системе координат для двух геоидов, ITRF08 и ПЗ90 [6].

Таблица 1

Сравнение функционала онлайн-служб PPP

Название	Поддержка ГНСС				Возможность измерения	
	GPS	ГЛОНАСС	BeiDou	Galileo	координат пользователя	смещения шкалы времени
NRCan	+	+	—	—	+	+
GAPS	+	+	+	—	+	+
APPS	+	+	+	+	+	+
magicGNSS/PPP	+	+	—	+	+	+

При анализе полученных результатов, были исследованы нестабильность часов станции и погрешность местоопределения для всех четырех сервисов.

В качестве объекта исследования была взята станция Светлое (svtl). Для сравнения были рассмотрены результаты по другой станции, находящейся на Аляске близ поселения Мак-Карти (zina). На рисунках 1 и 2 приведен уход часов обеих станций в течении суток.

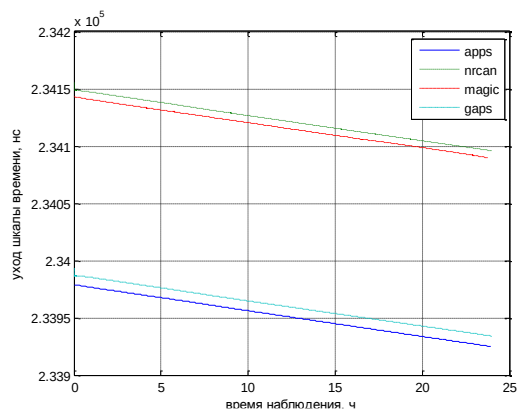


Рис. 1. Уход шкалы времени относительно системной за 08.03.16 (svtl)

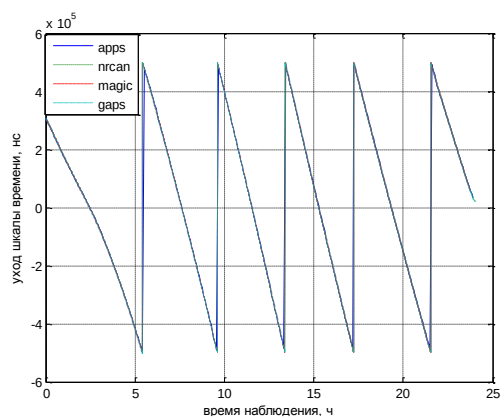


Рис. 2. Уход шкалы времени относительно системной за 08.03.16 (zina)

По представленным графикам видно, что часы, расположенные на станции Светлое обладают гораздо лучшей стабильностью. Разница между значениями у зависимостей для различных сервисов объясняется выбором геоида для постобработки.

Ниже на рисунках 3 и 4 приведены зависимости отклонения Аллана от времени наблюдения для трех координат в метрах и ухода часов в наносекундах. Для примера была взят файл постобработки канадского сервиса NRCan для станции Светлое.

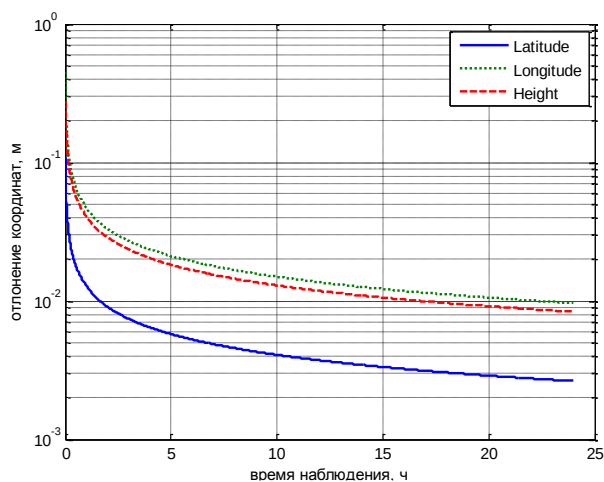


Рис. 3. Зависимость отклонения координат от времени наблюдения

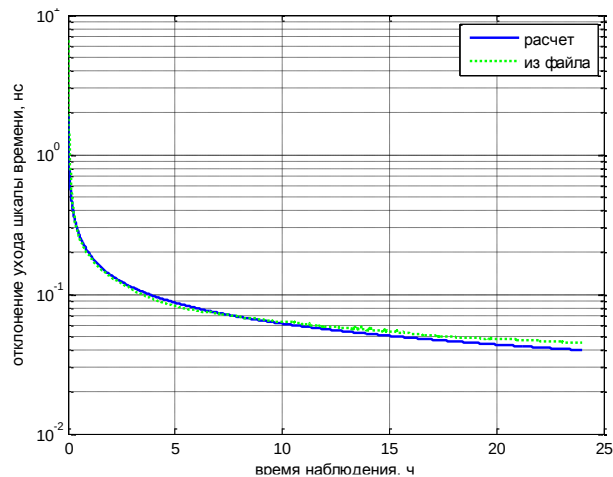


Рис. 4. Зависимость отклонения ухода шкалы от времени наблюдения

Зависимости, полученные в результате расчета на основе файлов постобработки, практически не отличаются от зависимостей, построенных по данным из самого файла, что иллюстрирует график для ухода шкалы времени.

Как можно увидеть, после шестичасового наблюдения значение отклонений меняется слабо, поэтому дальнейшую обработку можно не проводить. Отклонение для времени на этот момент времени составляет 0.79 нс, для координат – 0.006..0.019 м.

Таблица 2

Время наблюдения, ч	0	3	6	9	12	15	18	21	24
СКО широты, м	0.108	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
СКО долготы, м	0.447	0.273	0.019	0.016	0.014	0.012	0.011	0.010	0.010
СКО высоты, м	0.279	0.236	0.017	0.014	0.011	0.011	0.009	0.009	0.008
СКО смещения шкалы времени, нс	6.576	0.113	0.079	0.065	0.056	0.050	0.046	0.043	0.040

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что точность определения координат после суточной обработки может достигать порядка нескольких миллиметров, однако наличие более низких требований позволяет получить заданную точность за более короткий срок. Также одним из важных факторов является наличие стабильных часов в аппаратуре пользователя.

Список литературы

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. - М: Радиотехника, 2010. 800 с, ил.
2. Подкорытов А.Н. Высоточное местоопределение в глобальных навигационных спутниковых системах в абсолютном режиме за счёт разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений: автореф. дисс. канд. техн. наук/МАИ, М, 2014.
3. Tools and Applications URL: <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/tools-applications/10925> (дата обращения 06.03.2017)
4. GAPS URL: <http://gaps.gge.unb.ca/index.html> (дата обращения 06.03.2017)
5. The Global Differential GPS System <http://www.gdgps.net/> (дата обращения 06.03.2017)
6. Magic GNSS URL: https://magicgnss.gmv.com/magicGNSS_brochure.pdf (дата обращения 06.03.2017)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОФОТОННЫХ ФИЛЬТРОВ

В. А. Калиш, Д. В. Холодняк

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Представлен обзор полосно-пропускающих и режекторных фильтров, использующих технологии радиофотоники. Обсуждаются подходы к созданию таких фильтров, принцип их работы, применения в системах беспроводной связи, перспективы дальнейшего развития. Особое внимание уделено реализации радиофотонных фильтров с применением интегральной технологии.

Ключевые слова: радиофотоника, интегральная радиофотоника, полосно-пропускающие фильтры, режекторные фильтры.

Введение. Современные тенденции развития систем связи и постоянно возрастающие требования к скорости передачи и обработки данных требуют новых подходов к построению систем связи. Так, уже сейчас ставится задача передачи и обработки информации со скоростью, достигающей нескольких Тбит/с, что требует применения сверхширокополосных (СШП) сигналов. Внедрение стандартов беспроводной связи пятого поколения (5G) предусматривает 1000-кратное увеличение пропускной способности канала связи по сравнению с 4G [1]. Удовлетворение этих требований средствами традиционной радиоэлектроники довольно затруднительно [2], что привело к появлению нового перспективного направления, которое объединяет радиоэлектронику и

фотонику [3] и получило название «радиофотоника» (в англоязычной литературе – microwave photonics).

Принцип работы радиофотонных систем заключается в обработке СШП сигнала с оптической несущей, который модулируется СВЧ-сигналом, с последующим выделением необходимых частотных составляющих [4]. Радиофотонная система может содержать множество различных компонентов, обеспечивающих обработку сигнала непосредственно в оптической области [5], [6]. Примером такой системы первого поколения является аналоговая оптическая линия, которая состоит из устройств преобразования радиочастотного сигнала в оптический, оптического волокна, по которому распространяется оптический модулированный сигнал, и фотодетектора для выделения огибающей [4]. Преимущества использования подобных систем заключаются в широкой рабочей полосе частот, которая необходима для передачи СШП сигналов, низких погонных потерях в оптоволокне по сравнению с волноводами, лучшей электромагнитной совместимости [2].

Технология интегральной радиофотоники позволяет уйти от использования оптоволокна и реализовать все элементы радиофотонной системы на одной подложке в едином технологическом цикле. Это повышает технологичность изделия, уменьшает его массогабаритные характеристики, снижает себестоимость и открывает возможности для широких практических применения таких систем [7].

Несмотря на то, что первоначально радиофотоника была ориентирована в основном на военные применения, в последнее время наблюдается повышенный интерес к применению радиофотонных устройств в системах сотовой, беспроводной и спутниковой связи [8]. Важнейшими компонентами таких систем являются полосно-пропускающие фильтры, качество реализации которых напрямую влияет на характеристики приемопередатчика [3]. Таким образом, проектирование и реализация радиофотонных фильтров представляет собой актуальную задачу.

Радиофотонные фильтры. Прогресс в данной области, достигнутый в течение последних 10 лет, позволяет создавать полосно-пропускающие и режекторные радиофотонные фильтры с добротностью, превышающей 1000, и вносимым ослаблением в полосе заграждения более 40 дБ, а также с возможностью быстрой (менее 1 мкс) перестройки полосы пропускания с диапазоне частот от нескольких мегагерц до 20 ГГц [9].

Типовой реализацией интегральных радиофотонных фильтров является фильтр на микрокольцевых связанных резонаторах [10], [11]. Так, представленный в [11] полосно-пропускающий фильтр с центральной частотой 1 ТГц и шириной полосы пропускания 25 ГГц состоит из шести связанных микрокольцевых резонаторов (рис. 1), выполненных на единой подложке из кремния. Применение интегральной технологии обеспечивает малые габариты устройства, а использование в качестве материала проводников нитрида кремния (Si_3N_4) позволяет получить низкие вносимые потери. Такие фильтры устойчивы к технологическому разбросу параметров [12], [13].

На основе микрокольцевых резонаторов также можно создавать режекторные радиофотонные фильтры, которые находят применения, например, в режиме подавления несущей частоты, что позволяет «собирать» сигнал с обеих боковых полос [14].

В последние годы наблюдается повышенный интерес к разработке перестраиваемых фильтров для систем беспроводной связи и телекоммуникаций [9], в том числе радиофотонных [1], [2]. В течение длительного времени реализация перестраиваемых

радиофотонных фильтров в интегральном исполнении представлялась сложно осуществимой. Впервые перестраиваемый радиофотонный фильтр, полностью выполненный по интегральной технологии был представлен лишь в 2017 году [1]. Фильтр реализован на подложке из фосфида индия (InP). Перестройка центральной частоты осуществляется с помощью фазовращателей, встроенных в микрокольцевые резонаторы и элементы связи. Управление фазовым сдвигом производится путем изменения температуры.

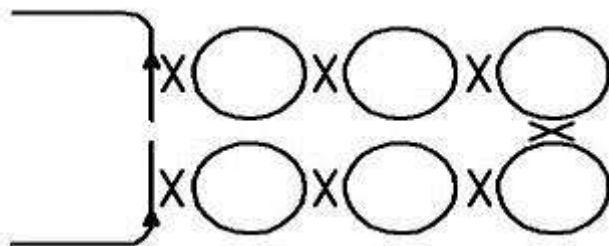


Рис. 1. Структура полосно-пропускающего фильтра на микрокольцевых связанных резонаторах.

Заключение. Радиофотоника является перспективным направлением для создания новых высокоскоростных систем беспроводной связи и телекоммуникаций, основанных на использовании СШП-сигналов. Технология интегральной радиофотоники позволяет создавать массогабаритные радиофотонные фильтры с улучшенными характеристиками и низкой себестоимостью, что открывает возможности для их широких практических применений. К настоящему моменту по технологии интегральной радиофотоники реализованы различные полосно-пропускающие и режекторные фильтры, в том числе перестраиваемые.

Список литературы

1. Fandino, J. S. A monolithic integrated photonic microwave filter // J. S. Fandino, P. Munoz, D. Domenech, J. Capmany // Nature Photonics. – February 2017. – N. 11. – P. 124-129.
2. Iezekiel, S. RF Engineering Meets Optoelectronics / S. Iezekiel, M. Burla, J. Klamkin, D. Marpaung, J. Capmany // IEEE Microwave Magazine. - September 2015. - P.28-45.
3. Урик, В. Д. Основы микроволновой электроники/ В. Д. Урик, Д. Д. МакКинни, К. Д. Вилльямс // ТЕХ-НОСФЕРА. - 2016. – 378 с.
4. Capmany, J. Review Article Microwave photonics combines two worlds [Text] / J. Capmany, D. Novak // Nature photonics. – June 2007. – N. 1 – P. 319-330.
5. Шумов, А.В. Концепция построения радиолокационной станции на основе элементов радиофотоники /А. В. Шумов, С. И. Нефедов, А. Р. Бикметов // Наука и Образование МГТУ им. Н.Э. Баумана: электронный журнал. – 2016.– №5. –С.41-45.
6. Белкин, М.Е. Новые принципы построения радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона с использованием радиофотонной технологии / М. Е. Белкин, С. А. Кудж, А. С. Сигов // Российский технологический журнал. - 2016.– V. 10, N. 1. – С.4-20.
7. Blumenthal, D. J. Integrated photonics for low-power packet networking / D. J. Blumenthal, J. Barton, N. Beheshti, J. E. Bowers, E. Burmeister, L. A. Coldren, M. Dummer, G. Epps, A. Fang, Y. Ganjali, J. Garcia, B. Koch, V. Lal, E. Lively, J. Mack, M. Masanovic, N. McKeown, K. Nguyen, S. C. Nicholes, H. Park, B. Stamenic, A. Tauke-Pedretti, H. Poulsen, M. Sysak // IEEEJ. Select. Topics Quantum Electron. – 2011. –N. 2. - P. 458–471.
8. Sotom, M. Microwave photonic technologies for flexible satellite telecom payloads/ M. Sotom, B. Benazet, A. L. Kernec, M. Maignan // 35th European Conf. Optical Communication, Vienna. – 2009. - P. 1–4.
9. Hueber, G. Multi-Mode/Multi-Band RF Transceivers for Wireless Communications /G. Hueber, R. B. Staszewski – : Advanced Techniques, Architectures, and Trends. NewYork, NY, USA: Wiley, 2011. – 608 P.
10. Schwelb, O. All-Optical Tunable Filters Built with Discontinuity-Assisted Ring Resonators / O. Schwelb, I. Frigyes // Journal of lightwave technology. - March 2001. – N. 3. - P.380-386.

11. Van, V. Synthesis of Elliptic Optical Filters Using Mutually Coupled Microring Resonators / V. Van // Journal of lightwave technology. - February 2007. - V. 25, N. 2. – P. 584-590.
12. Renan, L. M. Integrated ultra-low-loss 4-Bit tunable delay for broadband phased array antenna applications/ . L. M. Renan, G. John, L. Wenzao, B. Jared, S. B. Jonathon, J. R. H. Martijn, J. E. Bowers, and D. J. Blumenthal // IEEE Photon. Technol. Lett. – 2013. – N. 12. – P. 1165–1168.
13. Zhang, J. Photonic generation of a linearly chirped microwave waveform with long temporal duration using a dispersive loop in Proc. / J. Zhang, O. L. Coutinho, and J. Yao// IEEE MIT-S IMS, Phoenix, AZ, USA. – May 2015, P. 1–3.
14. Боев, С. Ф. Радиопотонный приемный канал СВЧ диапазона с оптическим гетеродинамированием / С. Ф. Боев, В. В. Валуев, В. В. Кулагин, В. А. Черепенин // Журнал радиоэлектроники. – 2015. - №2. - С. 1-15.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ X-ДИАПАЗОНА

В. В. КИРИЛЛОВ, П. А. ТУРАЛЬЧУК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе обсуждается методика синтеза широкополосных СВЧ усилителей мощности на транзисторах с гетеропереходом AlGaIn/GaN. Основное внимание уделено методике синтеза согласующих цепей усилителя мощности с целью увеличения коэффициента полезного действия при сохранении высокого уровня выходной мощности. Используется независимое согласование на частотах гармоник и на фундаментальной частоте, что позволяет управлять значением коэффициента полезного действия в широкой полосе частот, наряду с полным подавлением гармоник за пределами рабочей полосы.

Ключевые слова: СВЧ, усилитель мощности, КПД, согласующие цепи

Развитие полупроводниковых технологий мощных СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных схем связано с необходимостью совершенствования различных радиоэлектронных и телекоммуникационных систем сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона (в первую очередь систем связи). В связи с этим проводится повсеместный переход от громоздких электровакуумных приборов, таких как магнетроны, клистроны, лампы обратной и бегущей волн, к мощным полупроводниковым усилителям, которые занимают значительно меньше места. Основными требованиями к усилителю мощности являются:

- высокая линейность,
- высокие уровни средней выходной мощности,
- высокий КПД,
- малые габариты.

В последнее время научные исследования сосредоточены на ключевых режимах работы СВЧ УМ, таких как классы E и F [1]. Основным физическим принципом увеличения КПД при работе усилителя в режиме ключа заключается в том, что в транзисторе, который переключается между состояниями открыт/закрыт, в каждый момент времени существует либо ноль напряжения, либо ноль тока. Поскольку перекрытие между напряжением и током в этом случае минимизировано, то и рассеиваемая мощность минимальна, что позволяет теоретически получить 100% КПД. В действительности, с ростом частоты транзистор перестает быть идеальным ключом, что приводит к перекрытию напряжения и тока и снижению КПД УМ до 70-80%.

Особый интерес представляет анализ усилителя в частотной области, он может быть применен к классам в режиме E, F и C [2]. Метод позволяет описать работу УМ с учетом конечного числа высших гармоник, их импедансов, а также сделать оценку характеристик

УМ, нагруженного на соответствующий импеданс. Количество гармонических составляющих, учитываемых в спектрах выходного сигнала, определяет максимально достижимый КПД. Нагрузка на частоте соответствующей гармоники определяет выходную мощность усилителя. Таким образом, для обеспечения заданного режима работы УМ с высоким КПД требуется расчет параметров выходной нагрузки транзистора с учетом гармонических составляющих.

Нагрузка на выходе транзистора на фундаментальной гармонике позволяет формировать напряжение и ток на стоке, для уменьшения их перекрытия. Количество гармонических составляющих, которые учитываются в выходном спектре, определяют эффективность усилителя [3,4]. На практике используют только первые три гармоники [5].

Расчет СВЧ УМ на максимальную выходную мощность и КПД включает несколько основных этапов:

- Обеспечение комплексно-сопряженного согласования на входе УМ,
- Построение контуров постоянной выходной мощности на частоте фундаментальной гармоники. Выбор нагрузки на выходе УМ соответствующей максимальной выходной мощности,
- Определение реактивных нагрузок на частотах второй и третьей гармоник для достижения максимального КПД,
- Синтез цепей согласования, трансформирующих импеданс нагрузки и генератора к выбранным комплексным импедансам как на частоте фундаментальной гармоники, так и на частотах второй и третьей гармоник.

Комплексно-сопряженное согласование входного импеданса транзистора с сопротивлением генератора позволяет исключить потери мощности связанные с рассогласованием. Следует учитывать также, что выходная нагрузка транзистора трансформируется к входу и может изменять условия комплексно-сопряженного согласования входного импеданса УМ.

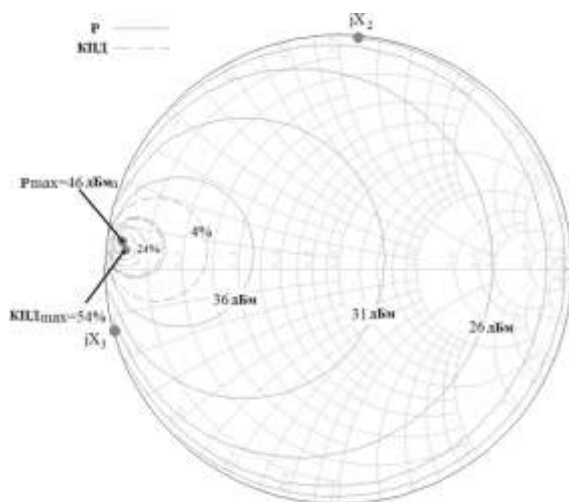


Рис. 1. Максимум КПД и мощности на круговой диаграмме

Определение нагрузки на выходе УМ основано на использовании графо-аналитического метода, заключающегося в построении контуров выходных нелинейных характеристик УМ (выходной мощности или КПД) [3]. Результаты расчета, полученные с

помощью данной методики, приводятся на круговой диаграмме Смита в зависимости от импеданса нагрузки, как входной, так и выходной.

Первоначально были промоделированы нагрузки в точке компрессии 5 дБ, чтобы найти оптимальный импеданс на основной частоте. Контуры выходной мощности и КПД, полученные с использованием анализа нагрузки, представлены на рис. 1. Оптимальная область импеданса (Z_1) находится в области перекрывающихся контуров выходной мощности и КПД. Моделирование гармонических нагрузок позволяет определить сопротивление второй и третьей гармоники (jX_2 и jX_3), которые соответствуют максимальному КПД.

Сопротивление второй и третьей гармоники сильно влияет на эффективность усилителя. Рассматривая только вторую гармонику, КПД в зависимости от фазы коэффициента отражения в выходной плоскости транзистора показана на рис. 2. Можно видеть, что самый высокий КПД достигается при фазе коэффициента отражения второй гармоники равной 100 градусам.

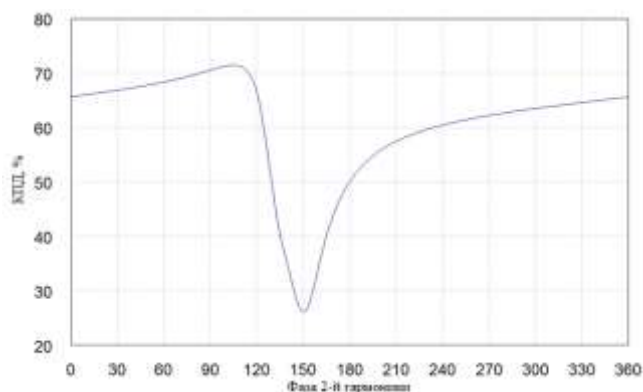


Рис. 2. Зависимость КПД от фазы 2-й гармоники.

Принцип построения СЦ, обеспечивающей нагрузку транзистора, как на частоте основной гармоники, так и на высших гармониках изображен Рис. 3.

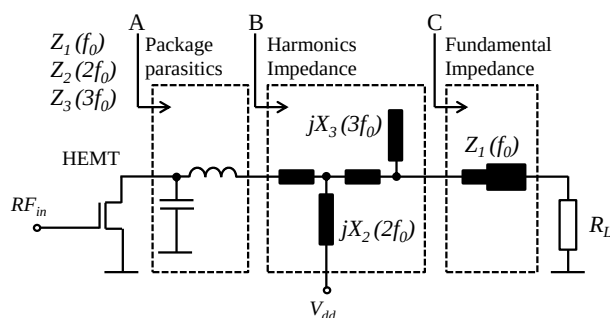


Рис. 3. Принцип построения СЦ на нескольких гармониках

Ключевой особенностью подхода является разделение согласующих цепей на основной частоте (плоскость В) и цепей, обеспечивающих нагрузку на частотах гармоник (плоскость С) для уменьшения сложности процедуры проектирования СЦ. Учитывая высокий импеданс гармоник в плоскости С, согласование на частотах гармоник полностью определяются транзистором и согласующей цепью на частотах этих гармоник.

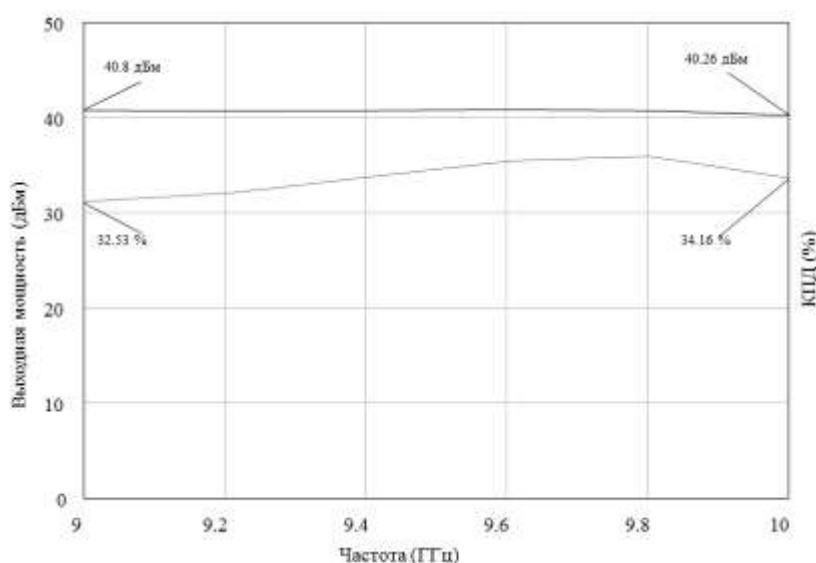
Для проектирования УМ использовалось семь AlGaIn/GaN транзисторов со структурой десятипальцевого затвора шириной 125 мкм, разработанных в ООО "Резонанс", включенных параллельно, для получения максимальной выходной мощности.

Был спроектирован двухкаскадный широкополосный усилитель, работающий в полосе частот 9-10 ГГц. Во входном каскаде предусилителя использовался один транзистор, обеспечивающий высокий коэффициент усиления. В выходном каскаде использовалось 4 транзистора, включенных параллельно, для обеспечения максимальной выходной мощности.

Входная, промежуточная и выходная цепи УМ были разработаны по интегральной технологии на подложке из арсенида галлия толщиной 90 мкм с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 12.9$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $5 \cdot 10^{-4}$. Разработка велась с использованием пассивных элементов из библиотеки SVR_pHEMT05, предоставленной АО «Светлана – Рост».

Наличие двух каскадов и ограничения в размерах, обусловленные техническим заданием, потребовало особого подхода к проектированию межкаскадной согласующей цепи. Учитывая вещественные части выходного сопротивления выходного каскада и входное сопротивление второго каскада, которые составляют соответственно $Z_{\text{вых1}}=2$ Ом и $Z_{\text{вх2}}=8$ Ом, согласующие цепи трансформировали сопротивления каскадов к среднему значению их сопротивлений.

Зависимости выходной мощности, коэффициента усиления и КПД УМ от мощности входного сигнала представлены на рис. 4.



Усилитель, в частотном диапазоне 9-10 ГГц, имеет выходную мощность более 10Вт, и неравномерностью в полосе менее 0.6 дБ, и КПД не менее 32%. Согласование не хуже -10 дБ, что соответствует КСВ в полосе частот не более 2. Габариты усилителя составляют 7х4 мм.

В результате применения методики описанной в статье были разработаны усилители мощности СВЧ в виде интегральных схем, предназначенные для работы в х-диапазоне. Максимально достижимый КПД может быть получен с помощью расчета параметров усилителя мощности, нагруженного на импеданс соответствующих гармоник. Синтез трансформирующих цепей, обеспечивающих реактивную нагрузку на частотах второй и

третьей гармоник и комплексный импеданс на фундаментальной гармонике, позволяет оптимизировать работу УМ с точки зрения уменьшения рассеиваемой мощности и соответственно повышения КПД.

Список литературы

1. Khan M.A., Kuznia J.N., Bhattaral A.R., Olsen D.T. Metal semiconductor field effect transistor based on single crystal GaN, Appl. Phys. Lett., 1993, v.62 (15), p.1786–1787
2. N. O. Sokal, "Class-E switching-mode high-efficiency tuned RF/microwave power amplifier: Improved design equations" in IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., vol. 2, Boston, MA, June 13–15, 2000, pp.779–782. DOI: 10.1109/MWSYM.2000.863297
3. F. H. Raab, "Class-E, Class-C, and Class-F Power Amplifiers Based Upon a Finite Number of Harmonics", MTT, 2001. DOI:10.1109/22.939927
4. S. C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communications," 2nd Edition, Artech House, Norwood, Mass, 2006
5. Grebennicov A., Switchmode RF and Microwave Power Amplifier. Academic Press, 2012, p. 345.

КОРРЕКЦИЯ ФАЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ РЕШЕТКИ К-ДИАПАЗОНА

Э. А. Ксенич, Л. М. Любина, М. И. Сугак

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Представлены результаты исследования характеристик однослойной металлической отражательной антенной решетки К-диапазона, построенной на основе крестообразных щелевых гантельных излучателей, причем синтез геометрии выполнен с учетом угла падения на нее электромагнитного поля. Рассмотрены случаи различного расстояния от облучателя до плоскости раскрытия ОАР.

Ключевые слова: отражательная антенная решётка, коэффициент усиления, фазовое распределение

Практика показывает, что металлические щелевые отражательные антенные решетки (ОАР) по своим характеристикам не уступают печатным аналогам, выполненным, в основном, средствами фотолитографии [1]. При этом, использование таких методов для их реализации как фрезерование или лазерная резка позволяет существенно снизить стоимость и время на изготовление [2,3]. В частности, известна отражательная ОАР К-диапазона, построенная на основе крестообразных гантельных щелей с полосой рабочих частот около 12% [2], однако в этой работе не был подробно рассмотрен вопрос оптимизации направленных свойств. В то же время известно, что учёт угла падения волны на раскрыв ОАР на этапе синтеза геометрии элементов позволяет улучшить характеристики антенны [4].

Целью данной работы является исследование возможности улучшения направленных свойств щелевой отражательной антенной решетки с учетом угла падения электромагнитной волны облучателя на плоскость раскрытия, что достигается с помощью некоторого усложнения процедуры синтеза геометрии элементов. В работе рассмотрена прямофокусная ОАР, выполненная на основе щелевых гантельных крестообразных элементов, (рис.1) при различных фокусных расстояниях.

Из геометрии задачи следует, что с уменьшением фокусного расстояния возрастает число элементов, для которых угол падения волны облучателя существенно отличается от

нормального, что может явиться причиной возникновения нежелательных фазовых ошибок.

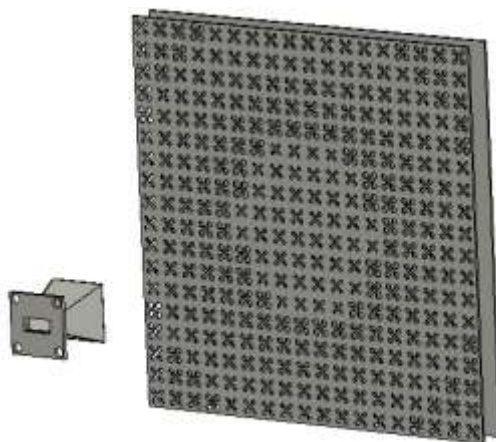


Рис.1. Модель металлической ОАР на основе щелевых гантельных крестообразных элементов.

В рамках данной работы предложен способ компенсации данных ошибок, заключающийся в разбиении информационного слоя на n концентрических и равноудаленных друг от друга секций, для каждой из которых берётся постоянное среднее значения угла наклона падающей волны облучателя. Синтез геометрии элементов ОАР проводится, таким образом, на основании семейства S-кривых (рис. 2), а не одной кривой, как обычно. Сравнение частотных зависимостей КНД (рис. 3) для конечных ОАР производилось с применением программы ANSYS HFSS. Размеры конечных решёток равны $10\lambda \times 10\lambda$, шаг решёток в Е- и Н-плоскостях – 0.59λ , расстояние между информационным слоем и проводящей поверхностью – 10 мм, толщина слоёв – 1 мм, в соответствии с данными работы [2].

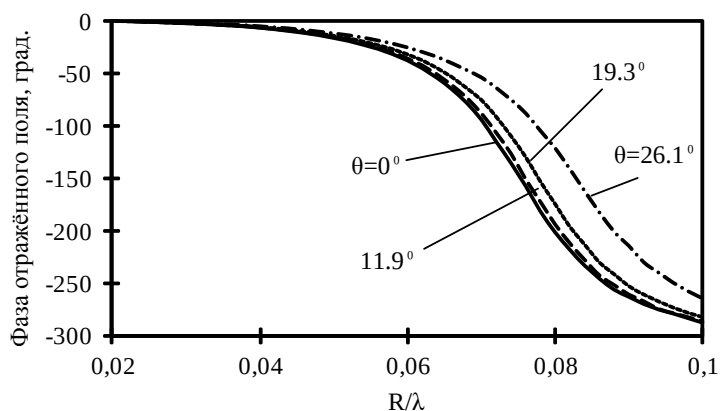


Рис.2. S-кривые для различных углов падения поля.

Из представленных зависимостей (рис. 3 а, б) следует, что компенсация фазовых ошибок, обусловленных различием S- кривых для разных углов падения, позволяет улучшить направленные характеристики исследуемых ОАР в полосе рабочих частот, причём для случая с $F/D=0.89$ выигрыш в КНД после коррекции составил более 1.5 дБ. При этом улучшилась форма основного лепестка ДН (рис.4 а, б), УБЛ не превышает уровня -15 дБ.

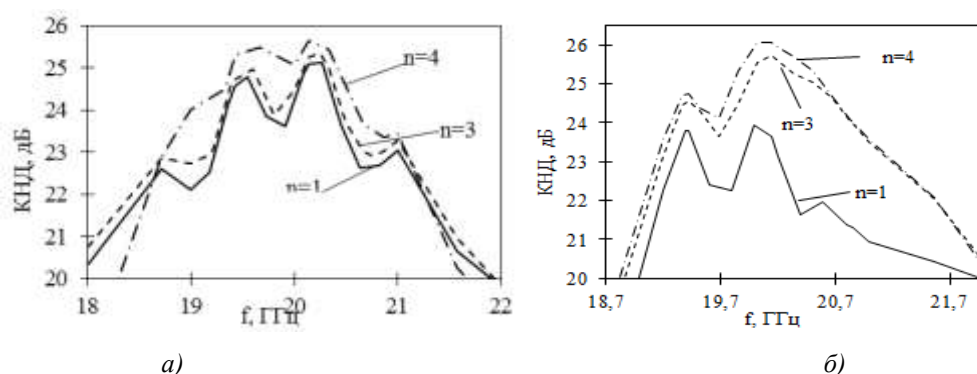


Рис.3. Частотная зависимость КНД при различном количестве областей разбиения а) $F/D=1$, б) $F/D=0.89$.

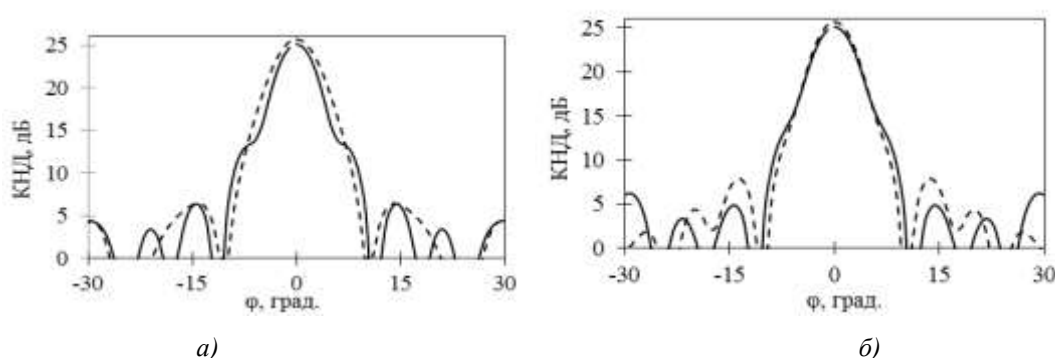


Рис.4. ДН при $F/D=1$ ОАР без коррекции (сплошные линии) и при $n=4$ (пунктирные линии) на 20.2 ГГц в а) Е-плоскости, б) Н-плоскости.

Таким образом, показано, что учёт угла падения поля от облучателя на раскрыв ОАР позволяет несколько улучшить направленные характеристики. Выигрыш от применения такой процедуры убывает с ростом отношения F/D .

Список литературы

1. Huang J., Encinar J. A. Reflectarray Antennas // New Jersey: A John Wiley & Sons. 2007. P.320
2. Васильев М. Б., Любина Л. М., Сугак М. И., Отражательная антенная решётка К-диапазона, выполненная методом лазерной резки // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «РАДИОИНФОКОМ-2017». – Москва, 2017, с. 94-99
3. Антонов Ю. Г., Балландович С. В., Костилов Г. А., Сугак М. И. Характеристики плоских отражательных антенных решеток, выполненных на основе фрезерованных композитных панелей // Антенны. №10. 2010. С.5-10.
4. Tienda C., Arrebola M., Encinar J. A., General analysis tool for reflectarray antennas in dual reflector configurations // Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), Rome, 2011, pp. 992-996.

INDUSTRIAL ENDOSCOPE LIGHTING MODULE DESIGN

LI ZHICHAO

Beijing Institute of Technology

Abstract. This paper introduces a way to design the industrial endoscope lighting part. It includes choosing an image sensor, choosing different kinds of lights, choosing the power supply, and choosing LED drivers. We gather the information of each part and choose the suitable one to design a basic industrial endoscope photodetector module

Keywords: Video endoscope; Technical parameter; lighting module; scientific search

Background

Industrial endoscope is one of the DNT (Non Destructive Testing). When we test the object by using industrial endoscope, it will not damage or not affect the object. And it won't injure the internal organization of the tested object. With the development of the technology, the video endoscope has come into our life. That's why the industrial video endoscope is wildly used in Wind Turbine Gearbox Inspections, Infrastructure Market – Bridge Inspection, Inspection of Heat Exchangers, Inspection at Hydraulic Power Plants, Natural Gas Service Line Inspection Using, and Remote Visual Inspection for Automotive, etc.

So in this paper, I'll introduce a design of basic industrial video endoscope, and discuss the main technical parameter and the design process.

Image sensor

Image sensor is the technical core of the industrial video endoscope. The imaging effect depends on the size of image sensor and the quality of image sensor.

There are two used types of image sensor, one is semiconductor charge-couple devices (CCD), the other is complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS). Currently, most CMOS sensors are smaller and cheaper than CCDs, and lower power consumption in battery powered devices. But CCD sensors have higher quality. Due to prime cost, consumption, the structure of these two sensors, we use the CMOS.

We mainly consider about the pixel size, the chip size, the optical format, the image size and resolution. As we know, the pixel size is one of the most important parameter that which is bigger, it's better. At the same time, the resolution should not lower than 2Mpixels. For electronic product, the new one is always better than the old.

Table 1

Part of CMOS choices

model number	pixel size/um	image size/mm	resolution/mp	optical format	frame fate	package size
imx377	1.55	diagonal 7.81	12.35			12.8*10.5*1.95mm
imx273	3.45	diagonal 6.3	1.6	1/2.9	not full hd	138-pin LGA
imx258	1.12	diagonal 5.867	13	1/3.06	full hd 30fps	
imx224mqv	3.75	diagonal 6.09	1305H*977V	1/3	HD 10bit120fps,12bit 60fps	9mm*7.5mm
imx350	1.00	diagonal 6.475	20	1/2.78	30fps	
imx241	1.12	diagonal 3.63	5	1/5		
imx323	2.8	diagonal 6.23	2.19	1/2.9	30fps	7.55mm*5.75mm
imx222	2.8	diagonal 6.4	2.43	1/2.8	30fps	12.8mm*10.8mm
imx123	2.5	diagonal 5.56	3.21	1/2.8		98pinLGA
imx124	2.5	diagonal 5.56	3.21	1/3.2		98pinLGA
imx178	2.4	diagonal 7.92	5.32	1/2		128pinLGA
imx290	2.9	diagonal 6.46	2.13	1/2.8		110pinLGA
imx326	1.62	diagonal 6.15	6.82	1/2.9		92pinLGA
imx274	1.62	diagonal 7.2	8.51	1/2.5		92pinLGA
imx385	3.75	diagonal 8.35	2.13	1/2		128pinLGA
imx307	2.9	diagonal 6.46	2.13	1/2.8	60fps	110pinLGA
imx327	2.9	diagonal 6.46	2.13	1/2.8	60fps	110pinLGA

And we need consider the real situation that whether can we buy this kind of model CMOS or not? Can we get the datasheet to design our circuits? Such as imx 224mqv, it looks like better than imx 222 and imx290, but we can't get his datasheet, so we don't know the parameters exactly. In summary, we choose imx290 which is made by SONY company. The pixel size is 2.9 μm *2.9 μm , the image size is diagonal 6.46 mm, resolution is 2.13 Mpixels, the optical format is 1/2.8.

Light

Usually, the industrial video endoscope use LED lighting and fiber lighting. The fiber lighting has lower heat and smaller diffuse angle but it is more complicated than LED. The basic endoscope need a cheaper and simpler one, so we use LED.

Because the scene has different reflection coefficients and other optical characteristics for different wavelengths of light, more scene composition information can be obtained by imaging the same scene with different spectra. So we need VIS, NIR, UV.

Basically, we need visible light which nominal CCT is from 3500k to 5000k. Sometimes we detect the heater exchange equipment, we also need the IR light which wavelength is 850 nm. Because sometimes we need to observe hairline cracks which are much smaller, that it's difficult for human eyes. To solve this problem we spray the surface with a fluorescent liquid dye. Then using an ultraviolet light can make the inspection more clearly. So we need the UV light that the wavelength is around 380 nm.

After making sure that we need 3 kinds of light source, the more efficient is better. And the LED drivers' voltage is lower than 4V. Because of we'll make 3 lights and 3 LED drivers around the CMOS chip, the size is another important parameter. We need choose, at least under the same typical luminous flux, the smaller one. For example, we compare two devices, XLamp XB-H and XLamp XP-L High Intensity. Both of them are made in CREE company, XLamp XB-H can emit 550lm, and XLamp XP-L High Intensity can emit 1095lm. But XLamp XP-L High Intensity is four times bigger than XLamp XB-H. As you can see, the XLamp XB-H is better for we can get two times luminous flux in the same place.

Table 2

Part of LIGHT choices

view angle	NOMINAL CCT	Minimum CRI	Luminous Flux (lm)	Efficiency (lm/W)	model number
110°	3700-5000k	80	550	148	XLamp XB-H
115°	3700-5000k	70/80	309	128	XLamp XB-D
115°	3700-5000k	70	1095	136	XLamp XP-L High Intensity

And we talk about the view angle of the light. With the same power, the object will receive the less energy if the light has a wild view angle. Sometimes a very wide view angle will make distortion when CMOS get the inhomogeneous light from the object. It's not to say, the light is best with the view angle is smallest. At the same time, we consider the view of CMOS, which is 90 degree. So it's better to choose which is bigger but close to 90 degree.

Power supply

Through reading the CMOS data sheet, we know that we need 3.3 V, 2.9 V, 1.8 V, 1.2 V voltage. But we use 5 V power to support the whole device. To choose a voltage converter is necessary. And we use one type to convert 5 V to 3.3 V-1.2 V. Considering about the voltage dropout, $V_{\text{dropout}} = V_{\text{in}} - V_{\text{out}}$, that is to say if the V_{dropout} is lower, the converter is more efficient, it make less heat, which is better for stabilization.

As we know, CMOS produce analog signals, which is weakness for anti-interference. The power supply which we use should provide low noise, low quiescent current, low line and load transient response. The circuit is as simple as possible so comparing fixed output option with adjustable output option, the fixed is better for our basic industrial endoscope task. If our chips or circuits are very complicated, we need another kind of power supply which provide high noise but with no heat. By combining two kinds of power supply, we can realize high quality assurance. Considering the output current, it should be higher than CMOS needs.

LED drivers

For we put the LED drivers with LED, the size is very important. We should take care the switch current because it must driver the light we choose. At the same time, it will be better that the driver itself uses less component for providing less heat. When we gather the information, the necessary to know how many LEDs can it driver and whether the minimum output voltage is enough or not

Summary

Improvement of infrastructure equipment is a foundational for the maintenance and prosperity of a city and even a nation, which supports our life. We need inspect the infrastructure equipment termly, such as airplanes, cars, ships, and other machines, and roads, bridges, power plants, etc. which are directly linked to our life. The first step of inspection is detecting a defect. So the industrial video endoscope is necessary for our normal life. And through this paper we know how to design a basic industrial video endoscope lighting module, what parameters should we notice and if we want to make more complicate, which aspects can be improved.

It is important for us to search information and select the useful one when you want to design something to improve our life. And we should try our best to dream, to design, to improve, to make ourselves better.

References

1. AOHUA Photoelectric endoscope Co., Ltd, Industrial Endoscopes for Nondestructive Testing - Safety // DNT. 2001. Vol. 23, N. 4. P. 33-34.
2. Chen Yaosong, Design of an Industrial Video Endoscope with 5mm Tube Diameter //DNT. 2015. Vol. 37, N. 3. P. 64-67.
3. Beijing Everest Industrial Endoscope Company, URL:<http://www.everestbj.com> (access date: 13.03.2018)
4. Semiconductor and integrated circuit devices, URL:<http://www.onsemi.com> (access date: 13.03.2018)
5. SONY company, URL: <https://www.sony-semicon.co.jp> (access date: 13.03.2018)
- 6.The introduction of CMOS, URL:<https://en.wikipedia.org/wiki/CMOS> (access date: 13.03.2018)
- 7.OmniVision image sensor, URL:<http://www.ovt.com/products> (access date: 13.03.2018)

СИНХРОНИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ С OFDM-МОДУЛЯЦИЕЙ

И. ЛИХОДЕД, А. К. ШАШКИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы использования OFDM модуляции в узкополосных PLC технологиях. Так же рассматриваются вопросы OFDM и символьной синхронизации и структура OFDM сигнала.

Ключевые слова: OFDM модуляция. OFDM синхронизация, ортогональное частотное разделение каналов, канал PLC связи.

Применение OFDM модуляции

OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) – метод передачи данных, в котором происходит разделение высокоскоростных потоков на несколько относительно низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей с последующим объединением данных. Поднесущие моделируются независимо друг от друга, например, с использованием модуляции QAM (квадратурная амплитудная модуляция), BPSK (двухпозиционная фазовая манипуляция), QPSK (квадратурная фазовая манипуляция) и их разновидностей. Так формируется передача нескольких параллельных каналов одновременно. Применение OFDM позволяет увеличить скорость передачи без увеличения занимаемой полосы частот или уровня модуляции.

Параллельную передачу данных с частотным разделением придумали еще в середине 60-х годов двадцатого века [1] и использовалась она, как и большинство известных сегодня технологий, сначала только в военных системах [2].

В 1980-х стали рассматривать применение OFDM в коммерческих системах: в высокоскоростных модемах и цифровых мобильных сетях. В 1990-х OFDM модуляцию стали использовать в цифровом радиовещании (DAB) [3].

Весьма распространены системы передачи сообщений посредством радиосигналов в таких сферах деятельности как энергетика, водоканал, пожарные службы, полиция, охранные системы и др. Однако информативность передаваемых сообщений в этих системах весьма мала: обычно передают речь либо данные с весьма низкой скоростью – 1.2 - 2.4 кбит/сек. Развитие этих служб связано с необходимостью увеличения пропускной способности УКВ каналов связи. Широкое использование вычислительной техники требует более эффективного использования таких распространенных средств связи - повышения, прежде всего, скорости передачи дискретных сообщений [4].

Как правило, OFDM модуляцию успешно применяют в широкополосных технологиях, включая широкополосные PLC системы и другие проводные и беспроводные сети, однако в узкополосных технологиях такая модуляция используется реже. Это связано с тем, что полоса частот CENELEC A (9...95 кГц) отличается большим уровнем разного рода помех. При большом уровне помех определенные поднесущие отключаются для адаптации к параметрам канала, т.е. число поднесущих уменьшается и это приводит к снижению скорости передачи данных. Однако, пропускную способность можно повысить, увеличением числа параллельных каналов, т.е. можно уменьшить разнос частот поднесущих.

Реализация такого подхода к построению канала связи - с использованием модуляции OFDM. Примером такого увеличения скорости передачи является применение OFDM-модуляции в узкополосных PLC технологиях, например, [5]. Так передача в низкочастотных PLS системах занимает полосу частот от 30 до 80 кГц; при использовании модуляции поднесущих 8PSK (3 бита на символ) и длительности поднесущих 2 мс теоретическая скорость передачи составляет 150 кбит/с (не учитывая, что некоторые поднесущие будут использованы для передачи контрольных пилот-сигналов). При уменьшении такой скорости по разным причинам (помехи, кодирование, изменение вида модуляции – переход на DPSK) можно уменьшить величину полосы поднесущей (до 400 Гц) и тем самым увеличить число поднесущих и увеличить скорость передачи данных. Обычно в заголовке кадра данных содержатся описания вида модуляции и о числе поднесущих. Все это является следствием характеристик канала связи. Для PLC-

каналов обычно ограничиваются скоростями до 128 кбит/с [6]; при этом полоса используемых частот - от 50 до 90 кГц, число поднесущих – 96. Параметры сигнала, определенные для канала PLC-OFDM:

- Частота поднесущих –начальной 42кГц, конечной 90 кГц;
- Разнос поднесущих – 500 Гц;
- Число поднесущих для данных – 96, для пилот сигнала – 1;
- Число выборок на FFT интервале – 512;
- Длительность FFT-интервала – 2 мс;
- Число выборок на циклическом префиксе – 48;
- Длительность циклического префикса – 192 мкс;
- Число выборок на символьном интервале – 560;
- Длительность OFDM-символа – 2,2 мс;
- Число поднесущих для передачи данных в блоке заголовка – 84; в блоке данных – 96;
- Число поднесущих пилот-сигнала – в блоке заголовка – 13; в блоке данных – 1.

Каждый кадр начинается с фиксированной преамбулы. Это наиболее важный элемент для синхронизации. В рекомендованном в PLC-системах кадре для синхронизации не используют OFDM-сигнал, используют ЛЧМ импульс, разворачиваемый во всей полосе PLC-сигнала. Такой сигнал передают в начале кадра, в его заголовке.

Заголовок кадра данных содержит два OFDM-символа, в каждый включены 13 пилот-сигналов для оценки возникающих ошибок.

Несколько иной стандарт у французского производителя (концерн Европы- EdF, Electricite de France): число поднесущих – 36, несколько большая частота OFDM-сигнала – 10-490 кГц.

Структура OFDM сигнала

Структура OFDM сигнала может быть очень сложной, поскольку складывается из множества компонент. Основные из них:

1. Структура частотно-временного деления:
 - а. Заданная по сетке частот (начальная частота, шаг сетки частот, количество поднесущих);
 - б. Заданная по временным слотам (длительность символа и защитного интервала).
2. Вид манипуляции: фазовая простая, фазовая дифференциальная, смешанная фазовая-амплитудная;
3. Вид символьной синхронизации;
4. Наличие и вид избыточного кодирования;
5. Наличие и вид перемежения данных.

Во-первых, нужно получить минимальное значение пик фактора элементарного OFDM – сигнала без манипуляции, чтобы далее рассмотреть влияние, например, фазовой манипуляции и учесть это влияние в решении проблем снижения пик-фактора. Этот вопрос подробно рассматривается в [5].

Другой основной проблемой, возникающей в системах с OFDM, являются синхронизация. Иногда задачи синхронизации требуют обширной обработки и высокоэффективных систем для синхронизации параметров приемника OFDM с передатчиком OFDM. Эти параметры могут включать несущую частоту, временную синхронизацию, обнаружение кадра и длины циклического префикса. При этом синхронизация может обеспечиваться не дорогими устройствами, которые имеют высокую скорость передачи сообщений.

Синхронизация символов.

Различные системы OFDM имеют разные требования к времени символа; например, WLAN не могут тратить больше времени за пределами преамбулы, тогда как система вещания может тратить несколько символов для получения точной синхронизации. Мы сосредоточимся на WLAN. Во WLAN один из стандартов это – IEEE 802.11a, он определяет сигнал преамбулы в начале передачи. Преамбулы стандарта 802.11a представлены на рис. 1 и их характеристики показаны в таблице 1; преамбулы разработаны таким образом, что начальные символы могут быть легко определены в начале кадра. Первые 10 частей начинаются с короткой тренировки - символы (sts), все они составляют 16 образцов. Последние две части - длинные обучающие символы (LTS), которые охватывают 64 образца, как и для обычного символа OFDM. Средняя часть GI 32 образца длиной, сохраняет длинные символы обучения из многоканальной помехи. Зная преамбулы в приемнике беспроводной локальной сети, WLAN позволяет легко использовать простую кросс-корреляцию для синхронизации символов [7]. Это позволяет обнаружить пакет, управлять усилителем и выбрать наилучший сигнал в случае одиночного входа множественных выходов канала (SIMO) и для нескольких входов и нескольких выходов (MIMO), а также оценить синхронизацию символов и смещение частоты в канале.

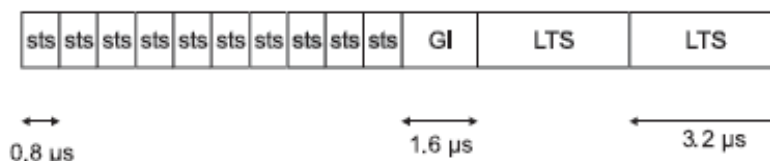


Рис. 1. Структура преамбулы пакета данных IEEE802.11a

Таблица 1

Характеристики стандарта 802.11a

№	Характеристики	Значение
1	Рабочая частота	5 МГц
2	Количество поднесущих	52 (48 данных +4 пилот)
3	Интервал частот между поднесущими	312,5 кГц
4	Используемая модуляция	BPSK / QAM
5	Полоса канала связи	20 МГц.

Синхронизация должна обеспечивать несколько процедур при приеме OFDM-сигналов. Во-первых, необходимо обнаружить первый символ кадра, содержащий как описание структуры сигнала, так и обеспечивающий измерение доплеровского смещения частоты и фазы сигналов заполнения поднесущих. Во-вторых, должна быть представлена в преамбуле возможность измерения фазы сигнала гармонических поднесущих.

Решение задачи обнаружения первого символа кадра может быть реализовано посредством сигнала ЛЧМ. Однако традиционный сигнал ЛЧМ с непрерывной фазой следует преобразовать в сигнал с дискретными значениями синусоид. Можно показать, что число синусоид, равное более 4 приводит к АКФ ЛЧМ сигнала незначительно уступающей непрерывному значению фазы традиционного ЛЧМ сигнала. При этом структура OFDM сигнала не нарушается, сигнал представлен в виде отдельных составляющих. Особенностью такого представления ЛЧМ сигнала является совпадение отдельных частотных составляющих со значениями поднесущих OFDM-символа

Измерение фазы поднесущих может осуществляться посредством измерений фаз отдельных дискретных по частоте элементов ЛЧМ сигнала. Эти измерения могут осуществляться двумя типами алгоритмов: алгоритмом Калмана или алгоритмом квадратурного приемника. В случае измерений алгоритмом Калмана, следует в качестве данного из элементов состояния взять значение частоты. Измерение значения этого элемента определит доплеровское смещение. Наличие доплеровского смещения приведет в случае алгоритма квадратурного приемника к линейному изменению измеряемой фазы, угол этого линейного изменения будет равен доплеровскому значению частоты. Сложности реализации алгоритмов Калмановского фильтра и квадратурного приемника примерно одинаковы.

Несколько сложнее алгоритм согласованного фильтра для выделения ЛЧМ-сигнала.

Заключение

Приведенные принципы реализации процедуры синхронизации OFDM-сигнала достаточно просты в аппаратном представлении и совместно с алгоритмом снижения пик-фактора, предложенным в работе Рухлина [5], позволяют реализовать относительно простой в воплощении канал передачи сообщений посредством OFDM-сигнала.

Список литературы

1. Rohling H. OFDM Concepts for Future Communication Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed., 2008.
3. Охрименко В. Узкополосная PLC-технология: OFDM-модуляция. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2191/doc/53204/> (дата обращения: 9.03.2018)
4. Рахи Тхакур и Кавита Харе. International Journal of Modeling and Optimization, Vol. 3, No. 1, February 2013.
5. Рухлин С.Н. Вопросы формирования и применения OFDM сигналов в современных системах связи и телекоммуникаций. Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2015, No1.
6. Primealliance: [сайт]. URL: www.prime-alliance.org (дата обращения: 9.03.2018)
7. Вайс Т., Крон А., Капар Ф., Мартойо И и Джондрал Ф.К. Алгоритмы синхронизации и концепции преамбулы для спектра. Радиоэлектроника, №9, 2016.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КВАДРОКОПТЕРА

М. А. МАКАГОНОВА¹, Н. Г. МАКАГОНОВ², Е. Ю. КЛЮС²

¹*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия;*

²*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. С развитием технического прогресса разработка универсальной системы машинного обучения интеллектуальному принятию решений, на основе визуальной информации представляет большой интерес. Основной задачей решаемой данной системой является обеспечение полной автономности робота, или роботизированной системы, на которую она устанавливается. Авторами предложены принципы построения интеллектуальных робототехнических систем с использованием компьютерного зрения. В качестве роботизированной системы был выбран квадрокоптер.

Ключевые слова: компьютерное зрение, робот, машинное обучение, квадрокоптер, метки, детектирование, ArduinoUNO, Raspberry

Введение

Глобальной целью является разработка универсальной системы машинного обучения интеллектуальному принятию решений, на основе визуальной информации [1]. Функционал и характеристики системы дадут возможность устанавливать её на широкий спектр роботов и роботизированных систем, таких как робот ассистент, робот транспортировщик, и т.д. Основной задачей решаемой данной системой является обеспечение полной автономности робота, или роботизированной системы, на которую она устанавливается. Т.е. в результате внедрения данной системы робот утрачивает потребность в человеческом управлении и даже присутствии.

Критерии выбора объекта испытаний

С целью исследования применимости прототипа создаваемой системы, было принято решение производить испытания на объекте, свойства и условия работы которого, охватывали бы наиболее полный круг возможных помех, и ситуаций. При этом конструкция и концепт данного объекта должны быть предельно изучены и известны. Одним из наиболее известных роботизированных устройств, как с точки зрения концепта, так и с точки зрения конструкции, является четырехвинтовой коптер (квадрокоптер). Преимуществом данного устройства является минимальные требования к взлетно-посадочным площадкам, повышенная маневренность, возможность полной стабилизации в воздухе, простота конструкции. Возможность запуска квадрокоптера как на открытой местности, так и в помещении обеспечивает широкий спектр условий для испытаний. Хотелось бы заметить, что, не смотря на всю популярность авиа и авиамодельной отрасли, полностью автономных устройств данного класса пока не существует. Вследствие чего, именно квадрокоптер был выбран объектом для исследований. Так как еще на этапе разработки концепта стало понятно, что интеллектуальные функции должны быть тесно связаны с системой управления физическими приводами коптера, то целесообразно не использовать уже существующую модель радиоуправляемого коптера, а произвести разработку собственной системы с аналогичными характеристиками, при этом заложив в разрабатываемую систему дополнительную функциональность. Разработка автономного коптера авторами статьи осуществлялась на основе маломощной двухпроцессорной системы, построенной на базе существующих процессорных OEM-модулей (arduino UNO и Raspberry). Их использование позволило значительно сократить время на разработку аппаратной части, а также являлось необходимым в связи с использованием компьютерного зрения, реализованного на основе открытой библиотеки OpenCV.

Компьютерное зрение

Компьютерное зрение [2, 3] играет ключевую роль в разрабатываемой системе. В общем случае, задача любого робота сводится к перемещению в заданную точку пространства, и выполнение каких-либо манипуляций. При этом точка пространства в которую требуется попасть в абсолютном большинстве случаев привязана к объекту, с которым роботу требуется произвести взаимодействие (объект - цель). Таким объектом может выступать практически все: человек, стол, электророзетка и т.д. Существуют методы, позволяющие косвенным образом получать координаты объекта-цели, например, навешивание на них радиомаяков, и т.п. В данном случае, на объект-цель будут навешиваться графические метки, детектируемые ведущим процессором. Детектирование производится за счет использования технологии машинного обучения, а именно, каскадных классификаторов, использующих примитивы Хаара. Выбор метки является одной из наиболее критичных задач данного исследования, так как не корректно

сделанный выбор может иметь фатальное влияние на работоспособность всей системы. Авторы считают, что оптимальным видом метки для нанесения на объект являются сами каскады Хаара или их комбинации.

Структура разрабатываемого объекта

Raspberry Pi model b+ был выбран в связи с тем, что данная платформа поддерживает библиотеку OpenCV. Raspberry Pi является ведущим процессором. В качестве ведомого процессора выбрана платформа Arduino UNO, которая является популярной маломощной платформой, обладающей достаточным набором внешних интерфейсов. Данная платформа используется так же для получения и обработки данных от акселерометра и дальномера, информирующих о высоте полета и наклоне летательного аппарата относительно его центра инерции по трём осям, соответственно [4 - 6]. Используя показания датчиков и осуществляя контроль скорости вращения электроприводов, платформа удерживает весь объект в состоянии устойчивого зависания.

Добиться устойчивого состояния, предполагается при помощи регулятора. Перед разработчиками стоял вопрос о выборе вида регулятора, выбор пал на ПИД-регулятор, так как данный регулятор имеет оптимальное отношение эффективности к сложности проектирования и вычислительным затратам оборудования. Чтобы получить коэффициенты ПИД-регулятора, требуется определить передаточную функцию объекта управления. В случае, если изучаемый объект имел стандартную модель, то передаточная функция могла бы быть взята из справочника.

Существуют действующие модели коптеров с ПИД-регуляторами, однако значения и соотношения коэффициентов ПИД-регулятора связаны с конкретной конфигурацией объекта управления, т.е. использование коэффициентов, рассчитанных для подобного объекта, обладающего иной конфигурацией, не представляется возможным для использования.

Традиционно, система управления находится удаленно, это связано с тем, что для обработки изображений требуется много вычислительных ресурсов, то также приводит к повышенному электропотреблению. В данной разработке используется не стандартный метод распознавания образов, систему управления удалось обеспечить на самом объекте. Это позволяет устройству работать в независимости от наличия возможности получения доступа к какому-либо каналу связи и естественным образом увеличивает количество областей применения такого устройства.

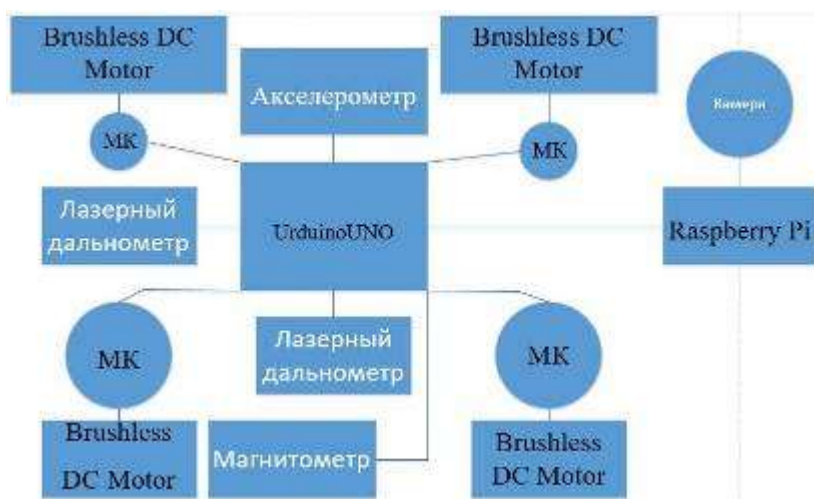


Рис. 1. Функциональная схема автономного коптера.

Так как стандартные способы обмена данными не обладают высокой помехоустойчивостью, что является важным фактором при разработке подобного устройства. Следовательно, относительно высокочастотные сигналы, подаваемые на приводы, создают помехи, наличие которых не допустимо в системах реального времени. Таким образом, например, использование последовательного порта, не представляется возможным. В нашем случае, было решено осуществлять обмен данных между платформами посредством организации n-канальной шины. Логические уровни на каналах шины, в каждый момент времени задаются ведущим процессором, и соответствуют действию подлежащему исполнению ведомым процессором. Ведомый процессор в свою очередь считывает значение из шины в моменты времени, устанавливаемые его алгоритмом. Из полученных данных ведомый процессор выбирает режим работы и следует ему до тех пор, пока при очередном считывании полученные данные из шины не изменятся. Таким образом, ведомый и ведущий процессоры являются не зависимыми друг от друга по тактовой частоте, что в условиях работы в режиме реального времени, позволяет избавиться от задержек передачи данных в обоих процессорах вызванных подстройкой частот. Благодаря выбранной концепции, что приходящий сигнал представляет собой постоянное значение, преодолеваются сложности с аппаратным обеспечением, преодолеваются какие-либо искажения.

Выводы

Таким образом, в данной статье были рассмотрены ключевые аспекты разработки универсального устройства управления роботизированными системами, а также показан принцип их интеграции, на примере квадрокоптера. Дальнейшими задачами, в рамках данного исследования, являются: 1) расчет ПИД-регулятора; 2) конкретизация формата распознаваемой метки; 3) применимость данной системы управления к другим объектам.

Список литературы

1. Bäck T, Schwefel H. P., Evolution Strategies I: Variants and their computational implementation, Evolution Strategies II: Theoretical aspects and implementation, Genetic Algorithms in Engineering and Computer Science // Ed. G. Winter et al., John Wiley & Sons, 1995. Pp. 111–140.
2. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection // International journal of computer vision. –2004. –Т. 57.–No. 2.–С. 137-154.7.
3. Liao S., Law M. W. K., Chung A. Dominant local binary patterns for texture classification //Image Processing, IEEE Transactions on. –2009. – Vol. 18.– No. 5. – P. 1107-1118.
4. Sugeno M., Hirano I., Nakamura S., Kotsu S., Development of an intelligent unmanned helicopter // Proceedings the 4th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 1995. Vol. 5, p. 33–4 vol. 5).
5. Hoffmann F., Pfister G., Evolutionary Design of a Fuzzy Control Rule Base for a Mobile Robot // Int. Journal of Approximate Reasoning, 1997. Vol. 17, no. 4, (1997).
6. Hoffmann F., Pfister G., Learning of a Fuzzy Control Rule Base Using Messy Genetic Algorithms. Genetic Algorithms and Soft Computing // Ed. F. Herrera, J. L. Verdegay, Physica-Verlag, 1996. P. 279–305.

ИМИТАТОР СИГНАЛОВ ЭХОЛОТА

Г. А. МАНУКЯН, И. Д. СОЛОВЬЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация: Разработка имитатора сигналов гидроакустической антенны эхолота, позволяющего производить отладку программно-аппаратных средств и проверку работоспособности эхолота.

Ключевые слова: эхолот, имитатор, сигнал, гидроакустика

Эхолот – навигационный прибор для автоматического измерения глубины водоёмов с помощью гидроакустических эхосигналов. Принцип работы эхолота заключается в измерении временного интервала между моментом излучения антенны эхолота, находящейся под килем корабля, зондирующего сигнала и моментом приема антенной отраженного от дна эхосигнала. Измеренный временной интервал пропорционален глубине под килем [1].

В связи с высокой стоимостью проведения объектовых испытаний, на предприятиях морского приборостроения, изготавливающих эхолоты, на этапах отладки программно-аппаратных средств и проверки работоспособности серийных изделий возникает потребность в имитаторе сигналов гидроакустической антенны. Как правило, для этого используется схема одновибратора, которая формирует отраженный эхо-импульс с задержкой пропорциональной глубине и ручной установкой отраженной мощности. Однако в подобной схеме построения не учитываются особенности распространения и свойства гидроакустического эхосигнала.

При работе эхолотов в реальных условиях возможны ситуации отражения от звукорассеивающего слоя и переотражения. Поставлена задача разработать имитатор сигналов гидроакустической антенны эхолота, который бы формировал эхосигнал приближенный к реальному (с учетом свойств и особенностей распространения гидроакустического эхосигнала в воде), позволяющего производить отладку программно-аппаратных средств эхолота и проверку работоспособности серийных изделий непосредственно на предприятии-изготовителе и на объектах заказчика [1].

Разрабатываемый имитатор необходим всем изготовителям эхолотов, а также всем сервисным компаниям, судоремонтным и судостроительным заводам, обеспечивающим монтаж и ремонт эхолотов.

Имитатор представляет собой программно-управляемый формирователь отраженных сигналов, задержанных относительно излученных, на величину, пропорциональную заданной имитируемой глубине. Имитатор включает в себя устройство приема и детектирования излучаемого сигнала (УПД), состоящее из эквивалента антенны (являющийся нагрузкой для приемопередатчика эхолота), преобразователя уровня (ПУ) и аналого-цифрового преобразователя (АЦП); схема формирования отраженного эхосигнала, реализованная на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС); устройство преобразования мощности отраженного эхосигнала (УПМ) и источник вторичного питания (ИП) [1]. Приемопередающая часть обеспечивает прием излученного сигнала эхолота и формирование отраженного сигнала. Вычислительная часть выполняет сбор и обработку данных. Структурная схема разработанного имитатора представлена на рисунке 1.

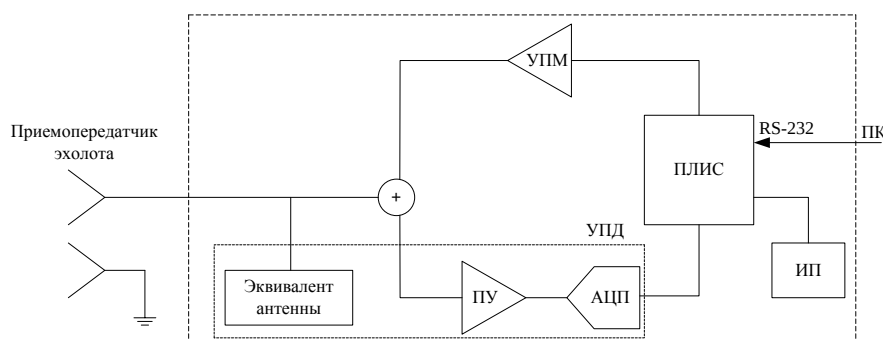


Рис. 1. Структурная схема имитатора

Схема подключения имитатора к ПК приведена на рисунке 2.

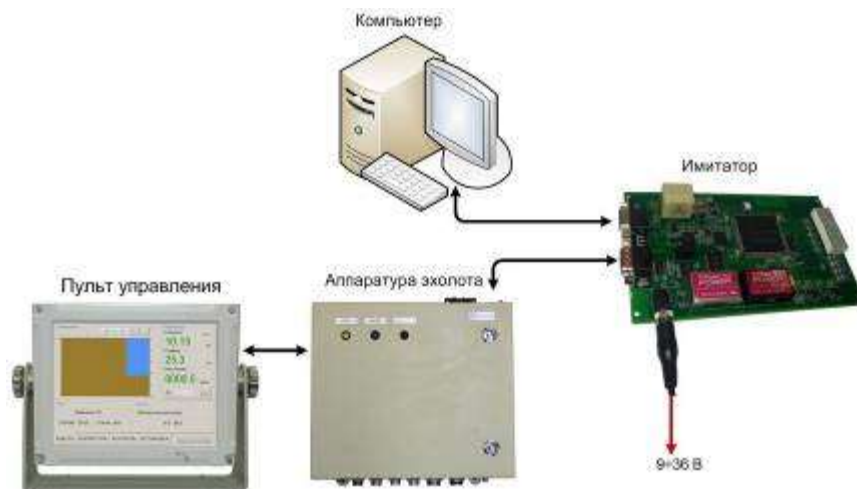


Рис. 2. Схема подключения имитатора

К основным функциональным особенностям имитатора относятся:

- имитация сигналов гидроакустической антенны эхолота на глубинах от 1 до 2000 метров;
- индикация и изменение имитируемой глубины напрямую с панели имитатора;
- возможность питания имитатора от сети постоянного тока с напряжением от 9 до 36 В;
- возможность управления работой имитатора с ПК;
- изменение ослабления излученного эхолотом сигнала в границах от 100 до 140 дБ.

Наличие ручного изменения ослабления излученного сигнала позволяет измерить чувствительность приемника эхолота и диагностировать весь приемно-усилительный тракт.

Список литературы

1. Завьялов, В. В. Судовые навигационные эхолоты. В 2 ч. Ч. I. Теория. [Текст] : учеб.пособие / В. В. Завьялов, В. Ф. Полковников, А. И. Саранчин. – Владивосток : Мор.гос. ун-т, 2012. – 93 с.

NOVELSHAPED MICRO-STRIP MULTIPLE-BAND BANDPASS FILTERS

ALI MERMOUL

Institute of Electrical and Electronics Engineering, University of Boumerdes, Algeria

Abstract. In this work, two different microstrip bandpass filters (BPFs) are designed. The first is a Dual-band bandpass filter operating at (2.032 GHz, 6.87 GHz) and the second is a Tri-band bandpass filter operating at (2.23 GHz, 4.886 GHz, 7.761 GHz) for space operation, earth exploration satellite, space research, radio astronomy and mobile applications. The two filters are obtained from modified third order hairpin filter. The proposed filters present satisfactory performances and meet the requirement of modern wireless communication systems. The substrate material used for all designs is RF4 with thickness of 1.62 mm, a relative constant of 4.3 and a dielectric tangent loss of 0.0017.

Keywords: Dual-band bandpass filter, Third order hairpin filter, Tri-band bandpass filter, RF4, Fractional bandwidth, Multi-band bandpass filters, Bandwidth, Central frequency.

Introduction

As science keeps developing, especially in the making of microwave communication components such as amplifiers, antennas and filters and the need for effective device, this led to the design of multiband components. Moreover, with the increasing attention in the design of multiband bandpass filters (MPF), various scientists [1-3] have made different circuit models in microstrip geometries to achieve such kind of bandpass filters. Although most of the designs achieve the wanted responses, however, they do not have the elasticity to decrease the dimensions of the structures.

In this research, a third order hairpin U-shaped structure used to create a novel shaped multi-band bandpass filters, a Dual-band bandpass filter and Tri-band bandpass filter for different applications, taking into consideration the applicable central frequency of each band, the size of the filters and quality factor which has direct correlation with FBW.

Filter design

Hairpin bandpass filter is a compact structure which can be obtained by folding the resonator of parallel-coupled half wave length resonator. This type of U-shaped resonator is called Hairpin resonator. Nevertheless, due to the great coupling ascending from compacted structure, full wave EM simulation is usually used to verify the design, which is to calculate S_{21} and S_{11} [4].

The first phase of the proposal is based on a conventional third-order Hairpin structure as shown in Figure 1(a) the preliminary dimensions are summarized in Table 1.

Table 1

Preliminary dimensions of the filter

Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)
W_1	2.35	W_6	3.9	L_2	6.75
W_2	0.35	W_7	0.3	L_3	7.2
W_3	0.15	W_8	1.8	L_4	2.15
W_4	3	W_9	0.6	L_5	0.6
W_5	0.7	L_1	3.65	L_6	0.35

The simulated S-parameters are shown in Figure 1(b). However, one can observe that the outcome is far from the wanted results.

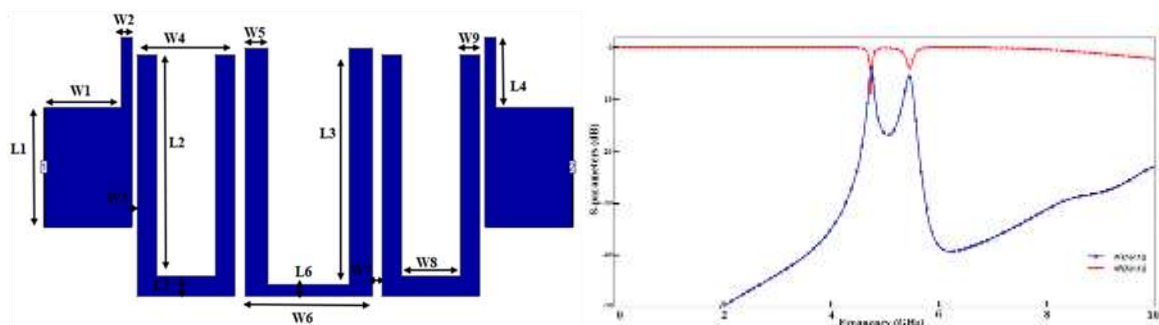


Fig. 1. Third-order Hairpin filter (a) Layout and, (b) S-parameters simulation

The second phase is that two new U-shaped hairpins are fused with port1 and port 2 above the previous first and third U-shaped structures. Moreover, the first and third ones are connected by a strip above the second U-shaped hairpin. Where the new U-shaped structures and the strip have the following parameters $W_9, W_{10}, W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, L_7, L_8, L_9$ and L_{10} are considered respectively 1.85 mm, 0.3 mm, 5.7 mm, 1.5 mm, 0.6 mm, 0.15 mm, 0.2 mm, 0.3 mm, 0.23 and 6 mm as shown in Figure 2(a). the simulated S-parameters are shown in Figure 2(b)

which demonstrates three different central frequencies at 2/4.8/6.9 GHz. The results are still undesirable for the appropriate requirements.

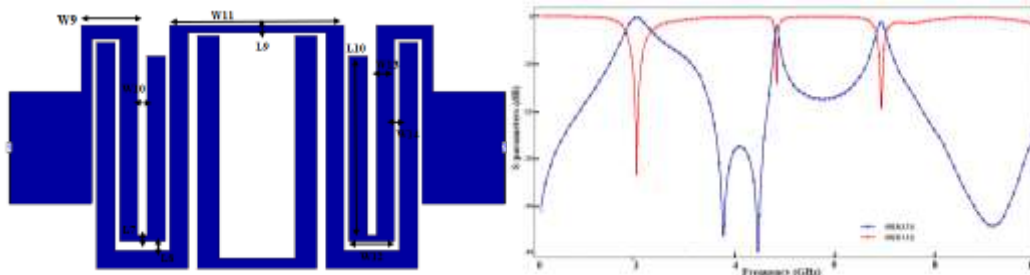


Fig. 2. Modification of a hairpin filter (a) Layout and, (b) S-parameters Simulation.

To get the needed outcomes, a step- in Width or a strip is to be added exactly in the middle of the filter. The capacitances and inductances of the equivalent circuit for a symmetrical step may be approximated by

$$C(\text{pF}) = 0.00137h \frac{\sqrt{\xi_{\text{eff}}}}{Z_{01}} \left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right) \left(\frac{\xi_{\text{eff}1}}{\xi_{\text{eff}2}}\right) \left(\frac{\frac{W_1}{h} + 0.264}{\frac{W_1}{h} + 0.8}\right) \quad (1)$$

$$L(\eta\text{H}) = 0.000987 \left(1 - \frac{Z_{01}}{Z_{02}} \sqrt{\frac{\xi_{\text{eff}1}}{\xi_{\text{eff}2}}}\right)^2 \quad (2)$$

The most desirable parameters of the strip W_{15} , L_{11} are considered respectively 0.2 mm, 6.47 mm as demonstrated in Figure 3(a), the S-parameters results are shown in Figure 3(b) which illustrates a Dual-band bandpass filter.

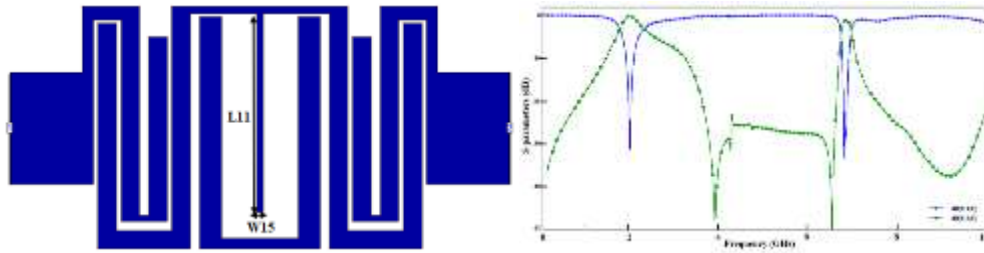


Fig. 3. Dual band bandpass filter (a) Layout and, (b) S-parameters Simulation.

The FBW of each band is defined by equation (3) using BW and F_c :

$$FBW = \frac{BW}{F_c} \quad (3)$$

The filter performances are summarized in table 2

Table 2

First filter performances

	F_c (GHz)	$ S_{11} $ (dB)	$ S_{21} $ (dB)	FBW %
1 st band	2.032	-31	-0.202	25.6
2 nd band	6.87	-32.94	-1.19	2.7

Now, in order to obtain a filter with an excellent performance, and with additional band to become a Tri-band bandpass filter, a second filter is proposed which can be formed from the

structure of the second phase by first filling up the upper U-shaped hairpins and increasing the length W of the filter to 17 mm and after many parametric studies, the final structure of the second filter is shown in Figure 4(a).

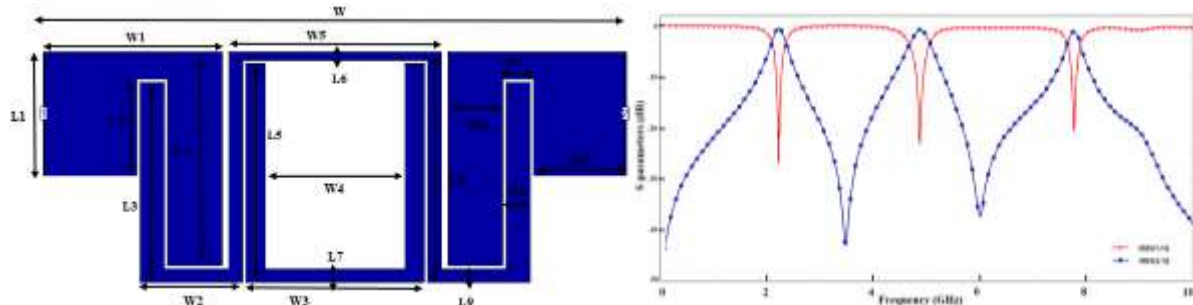


Fig. 4. Tri-band bandpass filter (a) Layout and, (b) S-parameters Simulation.

The insertion losses, the return losses and FBW of each band are considered respectively, - 0.395/ -0.725/ -1.035 dB, 26.76/ -22.83/ -20.54 dB and 11/ 6.91/ 2.64%.

The structure dimensions are illustrated in Table 3.

Table 3

Second filter dimensions

Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)
L1	3.65	L7	0.4	W4	4.1
L2	2.7	L8	6.8	W5	6.2
L3	5.9	L9	0.4	W6	1.6
L4	6.3	W1	5.2	W7	0.9

The performance of the tow proposed filters are summarized in table 4 for comparison purpose. It can be seen that the proposed filters provide good performances in stopband rejection and passband insertion loss and more compact in size.

Table 4

Second filter dimensions

	1 st /2 nd /3 rd pass-band Fc (GHz)	S ₁₁ (dB)	S ₂₁ (dB)	FBW %	Size (mm ²)	Application
1 st design	2.032/6.87/-	-31/ -32.94	-0.202/ - 1.19	25.6/ 2.7	16.2x7.9	- Space operation and search. - Mobile. - Earth exploration.
2 nd design	2.23/ 4.886/ 7.761	-26.76/ - 22.83/ - 20.54	-0.395/ - 0.725/ - 1.035	11/ 6.91/ 2.64	17x6.8	- Space operation. - Mobile. - Radio astronomy - Meteorological satellite.

Conclusion

In this research, two distinct types of BPFs have been designed and investigated. The substrate material used for all designs is RF4 with thickness of 1.62 mm, a relative constant of 4.3 and a dielectric tangent loss of 0.0017. where the first filter is a Dual-band BPF (2.032 GHz, 6.87 GHz) and the second one is a Tri-band BPF (2.23 GHz, 4.886GHz, 7.761GHz).the designs are dedicated for many applications such as: Satellite communication, radio astronomy, Space research, mobile communications such as third generation telecommunications [5-6].

References

1. Yeo, K. S. K., M. J. Lancaster, and J.-S. Hong, The design of microstrip six-pole quasi-elliptic filter with linear phase response using extracted-pole technique // IEEE Trans. Microw. Theory Tech., Vol. 49, No. 2, 321-327, 2002
2. Miyake, H., Kitazawa S., Yamada T., Nagatomi Y., A miniaturized monolithic dual band filter using ceramic lamination technique for dual mode portable telephones // IEEE MTT-S Int. Dig., 789-792, 1997.
3. Guan, X., Synthesis of Dual- band filters using successive frequency transformations and circuit conversions / X. Guan, Z. Ma, P. Cai, Y. Kobayashi, T. Anada, and G. Hagiwara // IEEE Microwave and Wireless Component Letters, Vol. 16, No. 3 110-112, 2006.
4. Singh L., Singhal P. K Design and analysis of hairpin line bandpass filter // International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering Vol. 2, Issue 2, February 2013.
5. Office of spectrum Management, United states frequency allocations, the radio spectrum, National telecommunications and information administration, U. S. Department of commerce, October 2003.
6. Directorate General of Telecommunications, Table of radio frequency allocations of republic of China, Ministry of Transportation and Communications, December 19, 2005.

УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ КВАРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА

Е. В. НАГИБИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье рассмотрен кварцевый генератор, как один из наиболее часто используемых стандартов частоты. Описана система синхронизации, позволяющая уменьшить действие дестабилизирующих факторов, максимизировать стабильность кварцевого генератора и уменьшить относительную погрешность по частоте. Изложена сущность процесса синхронизации и наглядно описан процесс функционирования устройства синхронизации кварцевого генератора.

Ключевые слова: Кварцевый генератор, устройство синхронизации кварцевого генератора, относительная погрешность по частоте, шкала времени, глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), Global Positioning System, космические аппараты), государственный эталон времени и частоты

В наше время существует много областей применения стандартов частоты, которые требуют высокой точности, одной из таких областей - является передача и хранение частотно-временной информации. Одним из самых широко используемых стандартов является кварцевый генератор (КГ), служащий, как и для крайне высокоточных работ - вкпе с другими стандартами (цезиевым, рубидиевым, водородным), так и обособленно, - для работ с более низкими техническими требованиями.

КГ широко используется в технике радиосвязи, измерительной и вычислительной технике, используются даже в бытовых приборах, таких как электронные часы, телевизоры, компьютеры, магнитофоны и др. Использование КГ позволяет создать надежную радиоаппаратуру достаточно высокой точности (для бытового использования), простую в эксплуатации, малогабаритную и обладающую малой потребляемой мощностью. Любая кварцевая мера частоты состоит из автогенератора, в колебательную систему которого входит кварцевый резонатор, устройства подстройки (корректировки) частоты, буферного каскада (иногда нескольких), осуществляющего развязку между кварцевым автогенератором и нагрузкой, которая в определенных пределах непостоянна, системы защиты кварцевого автогенератора от воздействия дестабилизирующих факторов и источника питания [1]. Система защиты от влияния дестабилизирующих факторов обеспечивает ослабление влияния механических вибраций, ударов, радиационного и светового воздействия полей, а также температуры окружающей среды [2].

КГ с высокими метрологическими характеристиками является сложным по устройству, дорогостоящим и достаточно тяжелым прибором, все эти факторы усложняют возможность его широкого использования. Совсем другое дело, если КГ сравнительно прост, обладает небольшими массогабаритными характеристиками и самое главное дешев, тогда его эксплуатация возможна в больших масштабах и даже для бытового использования, но что же делать, когда речь идет о высокоточном оборудовании?

Именно благодаря постановке этого вопроса и возникла система синхронизации, которая позволяет увеличить характеристики простых, относительно дешевых генераторов, до уровня высокоточного дорогостоящего оборудования. В качестве примера КГ – ГК290-ТС, значение относительной погрешности по частоте которого составляет порядка $1 \cdot 10^{-8}$, в случае же использования системы синхронизации данного КГ – относительная погрешность по частоте достигает порядка $5 \cdot 10^{-11}$ [2]. Таким образом с помощью применения синхронизации частоты КГ, получается довести уровень относительной погрешности по частоте до значения рубидиевого стандарта, считающегося на порядок более точным и изготовление которого в десятки, а то и сотни раз превышает стоимость изготовления КГ, который путем синхронизации по сигналам космических навигационных систем (КНС) достигает сопоставимых точностных характеристик.

Единство измерений и максимальная точность передачи информации в масштабах страны - являются необходимыми условиями для успешного решения ряда научных и инженерных задач. Именно поэтому процесс синхронизации является одной из основных производственных задач, от выполнения которой зависит точность изготавливаемого оборудования и всех взаимодействующих систем. При любых, даже самых высоких точностных характеристиках стандартов частоты формируемые с их помощью шкалы времени (ШВ) – непрерывные последовательности единичных интервалов времени, отсчитываемых от начального момента, – отличаются друг от друга начальными моментами и, главное единичными интервалами. Различие единичных интервалов приводит к накоплению поправок. Поэтому синхронность выдачи оборудованием сигналов можно поддерживать только за счет соответствующей коррекции значений единичных интервалов и начальных моментов, в чем и заключается сущность синхронизации [1].

Процесс синхронизации ШВ можно разделить на два этапа: определение и ввод корректирующих поправок единичных интервалов ШВ (сведение частот стандартов) синхронизируемого устройства; определение и ввод корректирующих поправок начальных моментов ШВ синхронизируемого устройства (совмещение ШВ). Для обеспечения синхронизации ШВ пространственно разнесенных стандартов частоты, необходимы «эталонные» стандарты и соответствующие средства синхронизации. Средства синхронизации должны: формировать сигналы времени, соответствующие ШВ опорного «эталонного» стандарта, осуществлять передачу сигналов по каналам связи, принимать и преобразовывать принятые сигналы, а также формировать копии ШВ и осуществлять их сравнение со ШВ корректируемой системы с учетом задержки сигналов при распространении в каналах связи.

Обеспечение единства измерений времени и частоты – это не просто воспроизведение единиц этих величин с минимальными погрешностями относительно государственного эталона времени и частоты (ГЭВЧ), а процесс неразрывно связанный с наличием соответствующих по точности средств синхронизации и методов передачи сигналов

времени и частоты. Причем, необходимо синхронизировать не только интервалы времени, но и соотнести моменты ШВ со шкалой ГЭВЧ. Для обеспечения синхронизации в 1982 г. была создана глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), которая через космические аппараты (КА) передает временные сигналы с существенно более высокой точностью привязки шкал синхронизируемых объектов. В настоящее время для синхронизации используются спутниковые системы ГЛОНАСС и GPS, находящиеся на сопоставимом уровне точности в северных широтах. В данный момент система ГЛОНАСС имеет 25 КА и система GPS - 33 КА [3].

Отмена режима избирательной доступности для GPS в апреле 2000 г. и ГЛОНАСС в 2014 г. Дали мощный толчок развитию КГ, позволяя КГ с относительно "скромными" характеристиками достигать таких же или даже лучших результатов, чем у их предшественников. Однако, в некоторых областях применения, например в военной отрасли, необходим высокий уровень характеристик в течение периодов времени, когда сигналы GPS (ГЛОНАСС) отсутствуют. Такой период можно условно назвать автономной работой, когда не происходит управления ШВ, а генератор поддерживается на последнем наилучшем уровне установки действительного значения частоты и работает в режиме свободных колебаний до тех пор, пока возобновление выдачи сигналов ГЛОНАСС (GPS) не позволит вычислить новые поправки. В случае же активной работы системы синхронизации, осуществляется управление ШВ (управление частотой и фазой), формирование оцифровки ШВ (для последующей синхронизации системного времени потребителей) и хранение ШВ (сохранение всех характеристик). Система синхронизации должна обеспечивать синхронизацию устройства управления и привязки, также обеспечивать установку собственной ШВ, и формирование и выдачу кода перестройки стандарта частоты [4].

Функциональная схема устройства синхронизации кварцевого генератора (УСКГ), предназначенного для формирования и хранения ШВ, синхронизированных с внешней шкалой, представлена на рис. 1

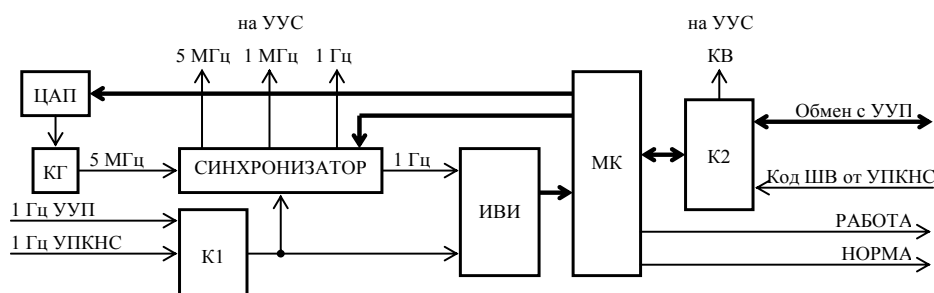


Рис. 1. Функциональная схема устройства синхронизации кварцевого генератора (УСКГ)

Таблица 1

БФС – блок формирования сигналов	СЧ – стандарт частоты
К1, К2- коммутаторы	УУП – устройство управления и привязки
КВ – код времени	УПКНС – устройство приема космических навигационных сигналов
КГ – кварцевый генератор	УУС – устройство усиления сигналов
ИВИ – измеритель временных интервалов	ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь
МК - микроконтроллер	

Для непрерывной коррекции частоты - измеряется, усредняется и интегрируется временной интервал между сигналами 1 Гц приемника и сигналами 1 Гц с выхода 5 МГц КГ. Стратегия непрерывного измерения и подстройки позволяет получать окончательные

поправки, представляющие собой наименьшие достижимые частотные ступеньки. При создании стандартов частоты, с целью обеспечения спектральной чистоты обычно, пытаются создать волну, форма которой как можно лучше приближена к синусоидальной, а значение которой как можно ближе к номинальному. Но различные периоды этой волны не идентифицированы и не пронумерованы. И для того чтобы часы обеспечивали нас дальнейшей информацией через точный счёт этих периодов, используется нумерация импульсов с частотой 1 Гц, называемых секундными метками (импульсами) [4]. Опорный сигнал частотой 5 МГц от КГ поступает на синхронизатор и делится до частот 1 МГц и 1 Гц, при этом имеется возможность по команде МК сдвигать полученную ШВ с шагом ± 200 нс, а также устанавливать ее в зависимости от положения коммутатора (К1) по метке 1 Гц от УПКНС или от других источников, коммутация которых осуществляется в УУП.

ИВИ измеряет расхождение метки «1 Гц» синхронизатора с меткой «1 Гц» от УПКНС или УУП. В автоматическом режиме результаты измерений ежесекундно поступают в МК, который накапливает, обрабатывает их и выдает управляющие воздействия на ЦАП, регулирующий действительное значение частоты КГ, и синхронизатор. Обработка измерений ведется по алгоритму автоматической подстройки частоты опорного генератора и ШВ, основанном на вычислении по методу наименьших квадратов относительного отклонения частоты по измерениям ухода ШВ.

КВ, оцифровывающий шкалу времени УСКГ, формируется МК по сообщениям от УПКНС и выдается на УУС вместе с импульсными синхросигналами частотой 5 МГц, 1 МГц и 1 Гц.

К2 служит для разделения по времени информационного обмена МК с УУП, УПКНС и выдачи КВ на блок формирования сигналов.

По результатам самоконтроля встроенных аппаратных узлов и оценки положения ШВ и частоты КГ, МК формирует сигналы «РАБОТА» и «НОРМА». Активный уровень сигнала «РАБОТА» означает исправность аппаратной части УСКГ, а активный уровень сигнала «НОРМА» указывает на соответствие оценки положения ШВ относительно шкалы UTC (SU) и частоты КГ требованиям к изделию.

Круг задач, решаемых системами синхронизации, весьма обширен: слежение за несущими и поднесущими частотами принимаемых сигналов, когерентная демодуляция аналоговых и цифровых сигналов с частотной и фазовой модуляцией, синхронизация и демодуляция двоичных символов цифровой информации, измерение частоты и фазы сигналов, тактовая синхронизация, синтез сложных радиотехнических сигналов, синтез сетки высокостабильных частот, стабилизация частот генераторов различных диапазонов [5]. В последние годы интенсивно проводятся исследования в области систем синхронизации, что связано с совершенствованием элементной базы микроэлектроники и ростом рабочих частот. Переход на новые технологии существенно расширил возможности систем и повысил эффективность устройств на их основе.

Дальнейшее развитие и модернизация в данной сфере весьма активно проводится по всему миру. Ведь процесс синхронизации стандартов частоты, а в частности кварцевого генератора, в разы повышает его характеристики и позволяет для высокоточных работ использовать простые, дешевые и удобные в эксплуатации КГ, которые сами по себе не обладают высокими метрологическими характеристиками, но являясь составной частью системы синхронизации – реализуют необходимый уровень точности.

Список литературы

1. Б.И. Шахтарин. Синхронизация в радиосвязи и радионавигации. 2011. – 278 с.
2. Г.Б. Альтшуллер, Н.Н. Елфимов, В.Г. Шакулин. Кварцевые генераторы. Справочное пособие. 1984. – 230 с.
3. К. Одуан, Б. Гино. Измерение Времени. Основы GPS. Москва: Техносфера. 2002. – 400 с.
4. Bruce M. Penrod. Adaptive Temperature Compensation of GPS Disciplined Quartz and Rubidium Oscillators. 1996 IEEE International Frequency Control Symposium. – 30 с.
5. И.И. Акулов, В.Я. Баржин. Кварцевые и квантовые меры частоты. 1976. – 410 с.

ПЕРЕСТРОЙКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ИСКУССТВЕННЫХ ДЛИННЫХ ЛИНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ КОНДЕНСАТОРАМИ

А. И. ПИКУШИНА, Д. В. ХОЛОДНЯК

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. На основе ИДЛ с переменными конденсаторами можно создавать малогабаритные частотно-перестраиваемые СВЧ-устройства: фильтры, направленные ответвители и т.д. Представлен анализ перестройки центральной частоты ИДЛ в зависимости от допустимого коэффициента отражения по входу.

Ключевые слова: искусственная длинная линия, элементы с сосредоточенными параметрами, перестройка.

Введение. Многие СВЧ-устройства используют свойства четвертьволновых и полуволновых отрезков длинных линий (ДЛ). Вследствие этого устройства, работающие в нижней части СВЧ-диапазона имеют большие габаритные размеры. Использование искусственных длинных линий (ИДЛ), имеющих физические размеры много меньше рабочей длины волны, позволяет создавать малогабаритные СВЧ-устройства.

Под ИДЛ понимают электрические цепи, состоящие из каскадно-соединенных элементарных ячеек на элементах с сосредоточенными параметрами (катушках индуктивности и конденсаторах). При определенных условиях такую линию можно рассматривать как искусственно созданный эквивалент однородной ДЛ, параметры распространения электромагнитной волны в которой могут быть выражены через параметры ИДЛ [1].

В последнее время повышенный интерес вызывает создание частотно-перестраиваемых СВЧ-устройств: фильтров, направленных ответвителей и т.п. с электронным управлением. В качестве управляющих элементов в таких устройствах могут использоваться полупроводниковые, сегнетоэлектрические или микроэлектромеханические варакторы, которые представляют собой конденсаторы с переменной емкостью. Несмотря на непрекращающиеся попытки создания электрически управляемых переменных индуктивностей, их характеристики еще не могут сравниться с характеристиками переменных конденсаторов, вследствие чего переменные индуктивности пока не находят широких практических применений.

Использование в составе ИДЛ переменных конденсаторов позволяет путем приложения управляющих напряжений изменять их емкость и, как следствие, центральную частоту, на которую настроена ИДЛ. На основе ИДЛ с переменными конденсаторами могут быть созданы малогабаритные частотно-перестраиваемые СВЧ-устройства. Вместе с тем, при фиксированных индуктивностях диапазон перестройки центральной частоты ИДЛ будет ограничен допустимым изменением входного

коэффициента отражения. В работе приводится анализ возможностей перестройки ИДЛ с переменными конденсаторами, даются количественные оценки диапазона перестройки центральной частоты в зависимости от допустимого уровня рассогласования по входу.

Характеристики ИДЛ. Концепция ИДЛ основана на том, что отрезку ДЛ с волновым сопротивлением Z_0 и электрической длиной $0 < \theta_0 \leq \pi/2$ можно эквивалентно сопоставить реактивную Т-образную или П-образную цепь на элементах с сосредоточенными параметрами (Рис. 1). ИДЛ являются квазипериодическими структурами, состоящими из n одинаковых каскадно-соединенных элементарных ячеек. Значения LC -элементов элементарной ячейки находятся из соотношений [1]

$$L_T = Z_0 / \omega_0 \operatorname{tg}(\theta_0 / (2n)), \quad C_T = (\omega_0 Z_0)^{-1} \sin(\theta_0 / n), \quad (1)$$

$$L_{\Pi} = Z_0 / \omega_0 \sin(\theta_0 / n), \quad C_{\Pi} = (\omega_0 Z_0)^{-1} \operatorname{tg}(\theta_0 / (2n)), \quad (2)$$

где $\omega_0 = 2\pi f_0$ – центральная круговая частота.

Частотные характеристики ИДЛ находятся путем перемножения классических матриц передачи элементарных ячеек: $[A]_{\Sigma} = [A]_1 \cdot [A]_2 \cdot \dots \cdot [A]_n = [A]^n$, где $[A]_i = [A]$ – матрица передачи для элементарной ячейки.

Поскольку значения LC -элементов рассчитываются на центральной частоте f_0 , характеристики ИДЛ, состоящих из различного числа элементарных ячеек, совпадают на центральной частоте, но различаются в полосе частот.

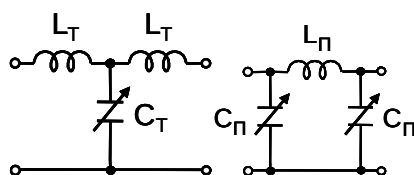


Рис. 8. Элементарные ячейки ИДЛ с переменными конденсаторами

Используя известные формулы перехода от матрицы передачи к матрице рассеяния [2], можно получить аналитические выражения для S -параметров ИДЛ на основе произвольного числа одинаковых каскадно-соединенных элементарных ячеек. На рис. 2 представлены частотные характеристики ИДЛ с $Z_0 = 50$ Ом, $\theta = \pi/2$ и числом ячеек $n = 1 - 4$. Характеристики ИДЛ эквивалентны характеристикам идеальной ДЛ на частотах ниже частоты среза, которая зависит от количества элементарных ячеек, используемых в составе ИДЛ. По мере увеличения числа ячеек n частота среза смещается дальше от центральной частоты f_0 : в область верхних частот. Как следствие, при увеличении n характеристики ИДЛ приближаются к характеристикам идеальной ДЛ во все более широкой полосе частот.

Рабочая полоса частот ИДЛ определяется допустимым уровнем рассогласования и допустимой фазовой ошибкой. При допустимом КСВН $\leq 1,3$ использование одиночной Т- или П-образной ячейки, в качестве эквивалента четвертьволнового отрезка ДЛ обеспечивает адекватные результаты в полосе частот около 30% относительно центральной частоты f_0 . В то же время ИДЛ на основе двух каскадно-соединенных ячеек эквивалентна четвертьволновому отрезку ДЛ, в полосе частот от нуля до $2f_0$. При этом дальнейшее увеличение количества элементарных ячеек в составе ИДЛ не приводит к столь эффективному расширению рабочей полосы частот для данного уровня КСВН. Использование четырех каскадно-соединенных ячеек позволяет обеспечить рабочую полосу частот от нуля до $4f_0$ при КСВН $\leq 2,0$.

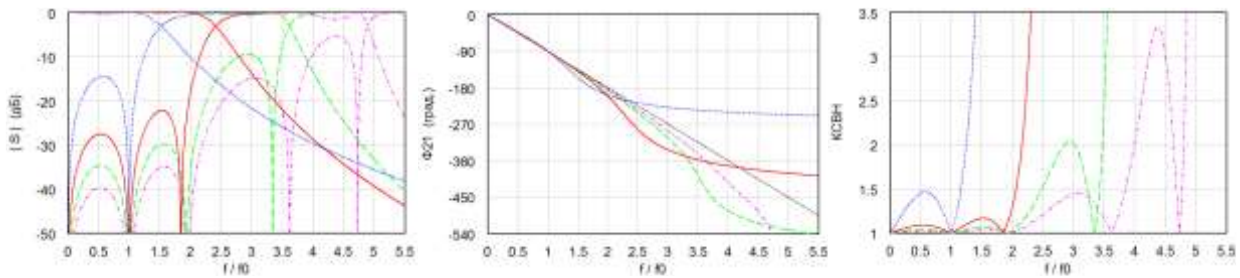


Рис. 2. Частотные характеристики ИДЛ с эквивалентными параметрами $Z_0 = 50 \text{ Ом}$ и $\theta = 90^\circ$, состоящих из различного числа Т- или П-образных элементарных ячеек n ($n = 1$ – точки, $n = 2$ – сплошные линии, $n = 3$ – пунктирные линии, $n = 4$ – штрих-пунктирные линии)

Анализ перестройки ИДЛ с переменными конденсаторами. Рассмотрим частотные характеристики ИДЛ с переменными конденсаторами. Выразим центральную частоту ω_0 через значения LC -элементов элементарной ячейки, используя выражения (1) и (2):

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1 - \cos(\theta_0)}{LC}}, \quad (3)$$

где L и C – параметры соответствующей элементарной ячейки.

Из (3) следует, что изменение значения емкости ячейки приводит к сдвигу центральной частоты. Определим коэффициент перестройки центральной частоты m как отношение ее значений в конечном состоянии $\omega_0(m)$ и в исходном состоянии $\omega_0(1)$:

$$m = \omega_0(m)/\omega_0(1). \quad (4)$$

С учетом (4) изменение емкости записывается как $C(m) = C(1)/m^2$, где $C(1)$ – значение емкости в исходном состоянии.

Из (1) и (2) характеристический импеданс Т- и П-образной элементарных ячеек ИДЛ выражается через LC -параметры ячейки как

$$Z_{0,T} = \sqrt{\frac{L}{C}(1 + \cos(\theta_0))}, \quad Z_{0,\Pi} = \sqrt{\frac{L}{C} \frac{1}{1 + \cos(\theta_0)}}. \quad (5)$$

Следовательно, при изменении емкостей элементарных ячеек ИДЛ ее характеристический импеданс изменяется во столько же раз, во сколько перестраивается центральная частота:

$$Z_0(m)/Z_0(1) = m, \quad (6)$$

где $Z_0(1)$ – значение характеристического импеданса в исходном состоянии.

В соответствии с известной формулой для входного импеданса отрезка ДЛ с нагрузкой Z_H :

$$\bar{Z}_{ВХ} = \bar{Z}_0 \frac{\bar{Z}_H + i\bar{Z}_0 \operatorname{tg}(\theta)}{\bar{Z}_0 + i\bar{Z}_H \operatorname{tg}(\theta)}, \quad (7)$$

изменение характеристического импеданса Z_0 имеет следствием изменение входного импеданса $Z_{ВХ}$, что в свою очередь приводит к рассогласованию по входу, т.к.

$$\Gamma_{ВХ} = \frac{\bar{Z}_{ВХ} - 1}{\bar{Z}_{ВХ} + 1}, \quad (8)$$

где $\Gamma_{ВХ}$ – входной коэффициент отражения по напряжению.

Таким образом, диапазон значений коэффициента перестройки m ограничен допустимым уровнем рассогласования по входу.

Подставив (7) в (8), после некоторых преобразований получим

$$|\Gamma_{\text{доп}}| = \sqrt{\frac{\bar{Z}_0^2(\bar{Z}_H - 1)^2 + (\bar{Z}_H - \bar{Z}_0)^2 \operatorname{tg}^2(\theta)}{\bar{Z}_0^2(\bar{Z}_H + 1)^2 + (\bar{Z}_H + \bar{Z}_0)^2 \operatorname{tg}^2(\theta)}}, \quad (9)$$

где $|\Gamma_{\text{доп}}|$ – предельно допустимое значение модуля коэффициента отражения по входу. Решая уравнение (9) относительно $\bar{Z}_0$ при фиксированных значениях параметров $\bar{Z}_H$ и θ , можно найти нормированные значения характеристического импеданса ИДЛ, которые соответствуют заданному значению $|\Gamma_{\text{доп}}|$ и определяют границы диапазона перестройки центральной частоты согласно (6) и (4).

В таблице 1 приведены минимальное и максимальное допустимое значение коэффициента перестройки m при различных значениях $|\Gamma_{\text{доп}}|$ для ИДЛ с разной электрической длиной θ . Использование одной элементарной ячейки для реализации четвертьволнового отрезка ИДЛ позволяет обеспечить перестройку центральной частоты в диапазоне около $\pm 10\%$ при сохранении согласования по входу на уровне -20 дБ. Две каскадно-соединенные ячейки обеспечивают перестройку центральной частоты ИДЛ в диапазоне $\pm 15\%$. Увеличение числа ячеек до четырех расширяет диапазон перестройку до $\pm 30\%$.

Таблица 1

$ \Gamma_{\text{доп}} $		0,1	0,2	0,(3)
$20 \cdot \log(\Gamma_{\text{доп}})$, дБ		–20,0	–14,0	–9,5
КСВН _{доп}		1,22	1,50	2,00
$\theta = \pi/2$	$m_{\min}$	0,905	0,817	0,707
	$m_{\max}$	1,106	1,225	1,414
$\theta = \pi/3$	$m_{\min}$	0,891	0,792	0,672
	$m_{\max}$	1,123	1,263	1,488
$\theta = \pi/4$	$m_{\min}$	0,868	0,752	0,618
	$m_{\max}$	1,152	1,330	1,618
$\theta = \pi/5$	$m_{\min}$	0,844	0,711	0,565
	$m_{\max}$	1,185	1,406	1,768
$\theta = \pi/6$	$m_{\min}$	0,819	0,672	0,518
	$m_{\max}$	1,221	1,488	1,932
$\theta = \pi/8$	$m_{\min}$	0,771	0,600	0,438
	$m_{\max}$	1,297	1,667	2,285
$\theta = \pi/10$	$m_{\min}$	0,726	0,538	0,375
	$m_{\max}$	1,377	1,859	2,663
$\theta = \pi/2$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,22	1,50	2,00
$\theta = \pi/3$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,26	1,60	2,22
$\theta = \pi/4$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,33	1,77	2,62
$\theta = \pi/5$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,41	1,98	3,13
$\theta = \pi/6$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,49	2,22	3,73
$\theta = \pi/8$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,68	2,78	5,22
$\theta = \pi/10$	$\omega_{0,\max}/\omega_{0,\min}$	1,90	3,46	7,09

Заключение. Изменение емкости конденсаторов элементарных ячеек ИДЛ позволяет перестраивать центральную частоту, на которую настроена ИДЛ. При этом изменяется характеристический импеданс ИДЛ, и, как следствие, изменяется коэффициент отражения

по входу. Таким образом диапазон перестройки центральной частоты ограничен допустимым уровнем рассогласования. Получены количественные оценки диапазона перестройки в зависимости от допустимого значения коэффициента отражения.

Список литературы

1. Kholodnyak, D. V. Metamaterial transmission lines and their applications / D. V. Kholodnyak. – Proc. of 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2017, St. Petersburg and Moscow, Russia. P. 3-8.
2. Pozar, D. M. Microwave Engineering. / D. M. Pozar. – 4th ed., N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 752 P.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА СИНХРОНИЗАЦИИ СИГНАЛОВ СТАНДАРТА UMTS

П. О. Поляков

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В современном мире, стандарт UMTS (англ. Universal Mobile Telecommunications System — Универсальная Мобильная Телекоммуникационная Система) находит широкое применение в мобильной связи. Сотовые сети, использующие данную технологию, относят к сетям третьего поколения, главным отличием которых от сетей второго поколения является внедрение технологии широкополосного множественного доступа с кодовым разделением каналов (W-CDMA). Для приема информации мобильной станцией от базовой в стандарте UMTS необходимо осуществить процедуру синхронизации. Данная статья посвящена разработке алгоритма синхронизации и его исследованию, проведенному с использованием программного пакета MATLAB.

Ключевые слова: Алгоритм синхронизации, мобильная станция, базовая станция, кодовое разделение каналов, кодовая последовательность.

В технологии W-CDMA каждый символ данных преобразуется в последовательность некоторого числа чипов, с помощью каналообразующих кодов, что увеличивает ширину спектра сигнала. Число чипов, приходящихся на один информационный символ, называют коэффициентом расширения спектра [1]. Расширенный сигнал скремблируется кодовой последовательностью, которая является идентификатором базовой станции. Всего существует 512 наборов скремблирующих кодов, разбитых на 64 кодовых групп. Базовая станция использует только один скремблирующий код. Передача данных в стандарте UMTS осуществляется кадрами, длительностью по 10 мс. Каждый кадр разделен на 15 слотов, одинаковой длительности, равной 2560 чипов [1]. Процедура синхронизации, которая представляет собой определение скремблирующей последовательности базовой станции и привязку к ее временной шкале, осуществляется в три этапа.

На первом этапе необходимо определить границы слотов в принятом сигнале. Для этого в стандарте предусмотрен первичный канал синхронизации (P-SCH), содержащий последовательность вида $a = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1)$ [2]. Данная последовательность повторяется 16 раз, образуя в итоге 256-элементный первичный синхрокод $C = (1 + j) \cdot (a, a, a, -a, -a, a, -a, -a, a, a, a, -a, a, -a, a, a)$ [2]. Каждая базовая станция передает канал P-SCH в начале всех слотов. Канал P-SCH не скремблируется, следовательно, идентичен для всех базовых станций. Чтобы найти границы слотов, необходимо сформировать первичную синхронизирующую последовательность и вычислить корреляцию с принятым сигналом. Выполнив поиск

максимумов в интервалах длительностью 2560 чипов и количеством $15 \cdot N$, где N – количество рассматриваемых кадров, необходимо проверить расстояние в чипах между соседними максимумами. Если данное расстояние равно 2560 чипов, то максимумы являются границами слотов. Результат первого этапа синхронизации представлен на рис. 1.

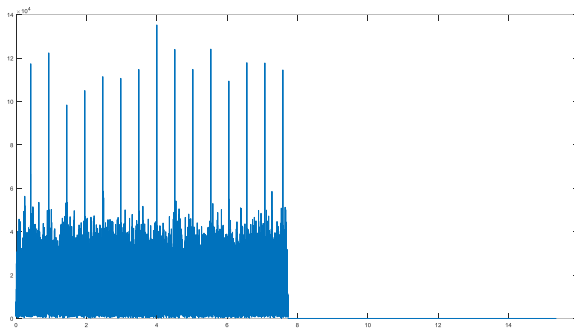


Рис. 1 Результат работы алгоритма на первом этапе

На втором этапе определяется начало кадра и кодовая группа базовой станции. На этом этапе используется вторичный канал синхронизации S-SCH, содержащий в каждом слоте один из 16 взаимно ортогональных вторичных синхрокодов, формирующихся путем умножения последовательности вида $z = (1 + j) \cdot (b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b)$ где $b = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1)$, на каждую 16-ю строку матрицы Адамара размером 256×256 [2]. Набор синхрокодов, содержащихся в кадре, определяется кодовой группой. В стандарте представлено 64 кодовые группы, в которых соотнесены номер слота в кадре и номер содержащейся в нем синхропоследовательности [2]. Соответственно, границах слотов, определенных на первом этапе, необходимо осуществить корреляцию сигнала и 16-ти вторичных синхрокодов. Решение принимается в пользу последовательности, корреляция которой максимальна. Получив набор из 15 последовательностей, содержащихся в кадре, необходимо вычислить его корреляцию с комплектом последовательностей из кодовых групп. Максимум максимумов вычисленной корреляции определяет кодовую группу, а его положение – слот, являющийся началом кадра (рис. 2).

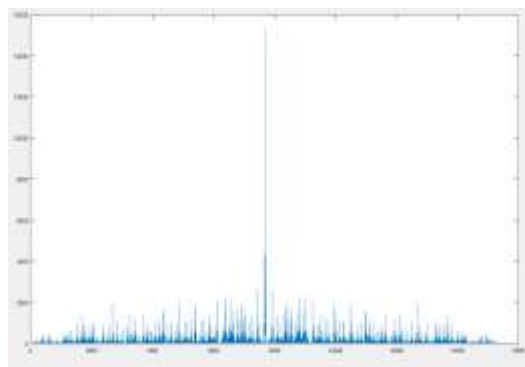


Рис. 2. Результат работы второго этапа алгоритма

На третьем этапе необходим канал с известным информационным наполнением и скремблированный кодовой последовательностью. Этим каналом является расположенный в начале кадра первичный общий пилотный канал (P-CPICH), по

которому передаются логические нули, причем каждый символ расширен с помощью каналообразующего кода [1]. Скремблирующие последовательности строятся на основе кодов Голда. Номер скремблирующего кода, определяется по формуле $n = 16 \cdot 8 \cdot j + 16 \cdot k$, где $j = 0, 1, \dots, 63$ – номер кодовой группы, $k = 0, 1, \dots, 7$ [2]. Поскольку кодовая группа определена на втором этапе, необходимо проверить 8 конкурирующих гипотез. Сформировав 8 каналов P-CPICH, необходимо осуществить их корреляцию с сигналом в начале кадра. Тот канал, корреляция которого максимальна, скремблирован искомой последовательностью.

Описанный выше алгоритм был реализован в программном пакете MATLAB. Для его исследования использовались как записи реальных сигналов, так и созданная модель сигнала.

На рис. 3 представлен случай низкого отношения сигнал-шум ($< -13,5$ дБ), при котором алгоритм работает некорректно, поскольку не определяются границы слотов на первом этапе. Осуществив накопление корреляций нескольких кадров с первичным синхрокодом и просуммировав их, получаем наложение пиков корреляции друг на друга, что позволяет найти границы слотов в кадре (рис. 4).

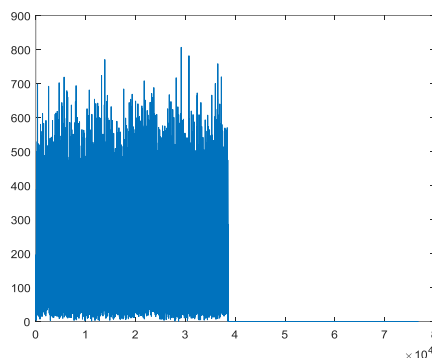


Рис. 3. Зашумленный сигнал. Первый этап алгоритма

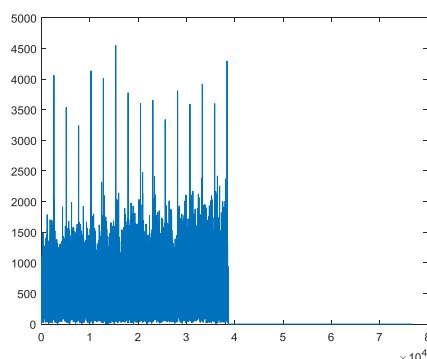


Рис. 4. Накопление 15 кадров. Первый этап алгоритма

Список литературы

1. 3GPP TS 25.211 V2.5.0 (2010-09) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Spreading and modulation (FDD) (Release 10).
2. 3GPP TS 25.213 V10.0.0 (1999-10) 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) Radio Access Network (RAN); Working Group 1 (WG1); Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD).

БЕСПРОВОДНОЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

А. С. ПОПОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Историческая справка, рассказывающая об основных идеях и открытиях, предшествующих открытию беспроводной передачи энергии. Повествования на ряд основных недостатков, которые необходимо решить для популяризации беспроводной передачи вместо обычных проводов. Методы беспроводной передачи энергии и принцип их действия. Обзор на конкретные примеры реализации нескольких методов существующих и используемых на сегодняшний день. Рассмотрение реализации метода электромагнитной индукции, для которой представлена блок-схема с кратким описанием принципа работы. Краткое рассмотрение некоторых главных характеристик их главных проблем. И заключение с выводами.

Ключевые слова: Беспроводной источник питания, беспроводной источник энергии, электромагнитная индукция.

В 1820-ом году Андре Мари Ампером было доказано, что электрический ток создает магнитное поле. В 1831-ом году Майкл Фарадей опытным путём определил, что, изменяя магнитное поле внутри замкнутого контура возникает электрический ток. В 1864-ом году Джеймс Максвелл составил уравнения связывающие магнитную индукцию и напряженность электрического поля. Одной из первых попыток предпринятые для беспроводной передачи энергии реализовал Никола Тесла в Чикаго. Он продемонстрировал беспроводное освещение люминесцентными лампами, и это вызвало безумный интерес к исследованиям наилучшего способа передачи энергии на расстояние.

Сегодня такие компании, как Sony, Samsung, LG, Apple и другие, всерьез занимаются разработками беспроводной передачей энергии. До них были попытки создания беспроводного источника питания (БИП), но даже сейчас не удастся получить желаемого результата. Приходится решать ряд проблем, которые уменьшают коэффициент полезного действия (КПД). А именно учитывать поглощение и отражение электромагнитных волн средами и разными объектами, также нужно учитывать габаритные характеристики передатчика и приёмника, также ограничения вносят излучаемые и принимаемые мощности сигнала.

Ныне существуют несколько методов реализаций БИП: ультразвуковой способ, метод электромагнитной индукции, метод электростатической индукции, лазерный метод и другие. Первый способ основан на излучении ультразвукового генератора, после сигнал подавался на приемник, и уже в нём преобразовывался полученный сигнал в электричество. Второй метод, который использует ближнее электромагнитное поле на дистанции до $1/6$ длины волны, излучающее устройство генерировало переменное магнитное поле. Благодаря ему создавался ток на приёмном устройстве. Третий метод - электростатическая индукция, представляет собой дифференциальную емкость между двумя изолированными клеммами, воздвигающимися над поверхностью, образовывалась разность потенциалов. И с помощью неё проникал ток в нагрузку. Последний, лазерный метод - энергия преобразуется в концентрированный световой поток, который направлен на фотоэлемент приемника, преобразующий световую энергию в электричество. Также можно привести конкретные изобретения на основе некоторых методов: мобильный телефон, работающий без аккумулятора, беспроводное зарядное устройство для мобильного телефона стандарта Qi, беспроводной телевизор, также на базе Wi-Fi-роутера

можно заряжать различные устройства. В свободном доступе можно приобрести БИП для обеспечения энергии светодиодных изделий: светодиодные ленты, лампы, светильники [1].

Явление магнитной индукции считается самым распространённым и перспективным методом передачи энергии. На вход подаётся питание переменного тока с частотой 50 Гц или другого вторичного источника питания, преобразующего сигнал с первичного источника питания с определенными параметрами. Выпрямитель преобразует сигнал с переменной составляющей в постоянный электрический ток, далее пропускают через фильтр нижних частот, чтобы убрать высокочастотную составляющую и всевозможные шумы. После ключевой регулирующий элемент, работой которого осуществляется специальным сигналом со схемы управления. Затем пропускает ток, после команды с блока управления, на первичную обмотку (ПО). Потом первичная обмотка создаёт переменное магнитное поле, где часть магнитного потока пронизывает витки вторичной обмотки (ВО) и вызывает появление электродвижущей силы (ЭДС). ПО и ВО образуют трансформатор, работающий без сердечника и осуществляющий беспроводную передачу энергии. Под действием ЭДС появляется переменный ток, который идёт также в выпрямитель для преобразования в ток с постоянной составляющей и проходит фильтр нижних частот. И этот полученный сигнал должен обеспечить питание устройства на выходе с заданными параметрами [2].

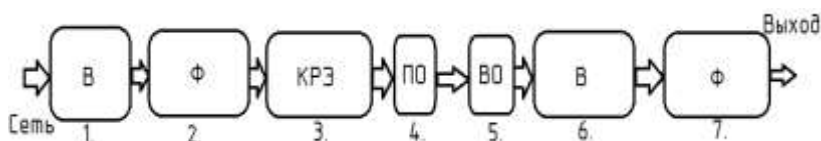


Рис. 1 Упрощённая блок-схема БИП: 1-Выпрямитель, 2-Фильтр, 3-Ключевой регулирующий элемент, 4-Первичная обмотка, 5-Вторичная обмотка, 6-Выпрямитель, 7-Фильтр.

На основе этого метода получили распространение БИП для маломощных устройств до 5-10 Вт. Как пример можно взять беспроводное зарядное устройство для сотового телефона. Есть и другие разработки для разных мощностей, но они имеют лишь промышленный или военный характер. Есть сомнения о безопасности для человека, никто не может точно сказать насколько вредны радиоволны. Это является существенной проблемой для разработки Power Over WiFi.

Но главным вопросом остаётся КПД, на малых расстояниях порядка 10 см, он соответствует до 90%, но при увеличении расстояния КПД стремительно падает. Использование резонанса повышает стабильность передачи для работы на конкретной частоте. Так, например, используя технологию магнитного резонанса компания WiTricity получает отдаваемой мощности 40% на расстоянии около 5-7 метров. Если запитывать большое количества устройств, то будет велик расход электроэнергии при таком достаточно низком КПД [3].

Использование БИП в технике промышленного и бытового назначения военной и гражданской сфере даёт ряд весомых преимуществ, но универсального метода передачи энергии и БИП ещё нет, поэтому каждая разработка носит индивидуальный и эксклюзивный характер.

Список литературы

1. Ефимов И.П. Е78 Источники питания РЭА: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 136 с.

2. Беспроводная передача электричества. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества (Дата обращения: 12.03.2018)
3. WiTricityURL: <http://witricity.com/> (Дата обращения: 12.03.2018)

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ТЕЛЕКАМЕР В УСЛОВИЯХ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТЕЙ

О. А. ЛЕОНТЬЕВА, М. В. СТРИЖЕВИЧ, А. А. ЧИРКУНОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрены причины снижения качества изображений при наблюдении в широком диапазоне изменения освещенностей. Проведен фотометрический расчет телевизионной системы и получено выражение, на основе которого должна проводиться адаптация телекамеры к изменению освещенности. Определены параметры телевизионной системы, управление которыми позволит повысить качество формируемых изображений.

Ключевые слова: телекамера, время накопления, динамический диапазон, диафрагма, блюминг, собственные шумы телекамер, автоматическая регулировка усиления.

При проектировании телевизионных систем разработчик всегда стремится добиться максимального качества формируемых изображений. Под качеством понимается интегральный критерий, определяемый совокупным максимумом контраста получаемого изображения, отношения сигнал/шум и числа градаций видеосигнала.

Одной из причин снижения качества формируемых изображений может быть недостаточная чувствительность, контрастная чувствительность и динамический диапазон телекамер при формировании сигналов при низких и высоких освещенностях.

Исследование данного вопроса проводилось рядом авторов [1-6] для случаев предельных режимов работы телекамер: при освещенностях ниже 0,1 лк, при освещенностях, превышающих 130 000 лк, а также при значительных перепадах освещенности в поле зрения, достигающих 1000 раз. В тоже время на практике наиболее часто встречается ситуация, когда происходит резкая смена освещенностей по времени или по полю зрения.

Таким образом, одно из актуальных направлений развития современных телекамер связано с созданием телевизионных систем, работающих в условиях широкого диапазона изменения освещенностей как во времени (изменение освещенности от кадра к кадру), так и в пространстве (попадание в поле зрения телекамеры объектов с различной освещенностью).

Телекамеры с такими режимами работы могут применяться во многих областях, таких как: дистанционное зондирование Земли и космического пространства, видеонаблюдение в дневное и ночное время, наблюдение природных сцен с широким динамическим диапазоном, наблюдение на фоне источников света и др. Отдельно необходимо отметить задачу видеонаблюдения в космосе, где прямое солнечное излучение и отсутствие атмосферы приводит к очень большим перепадам освещенности в кадре.

Для решения задачи наблюдения в широком диапазоне освещенностей необходима адаптация телекамеры [7-9] к изменению освещенности путем управления режимами работы телекамер.

Управление режимами работы телевизионных систем должно осуществляться на всех уровнях прохождения сигнала:

- объектив – регулировкой диафрагмы объектива;
- фотоприемник – регулировками времени и площади накопления;
- видеотракт – регулировкой усиления.

Рассмотрим процесс формирования видеосигнала и проведем фотометрический расчет телевизионной системы.

На элементе поверхности объекта площадью S световой поток создает спектральную плотность энергетической освещенности

$$E_s(\lambda) = \frac{\Phi_0(\lambda)}{S} \cos \beta,$$

где $\Phi_0(\lambda)$ – спектральная плотность потока излучения, β – угол падения излучения на поверхность объекта.

С учетом спектрального коэффициента отражения объекта $\rho_s(\lambda)$ спектральная плотность энергетической яркости на поверхности объекта

$$B_s(\lambda) = \frac{E_s(\lambda) \rho_s(\lambda)}{\pi}.$$

Спектральная плотность энергетической освещенности на объекте $E_s(\lambda)$ со спектральной плотностью энергетической освещенности в фокальной плоскости $E_{FP}(\lambda)$ связаны соотношением

$$E_{FP}(\lambda) = \rho_s(\lambda) \frac{\Phi_0(\lambda)}{S} \cos \beta \cos \varphi \frac{\tau_{об}(\lambda) \left(\frac{D}{f}\right)^2}{4(1+m)^2},$$

где φ – угол визирования, D/f – относительное отверстие объектива, равное отношению диаметра входного зрачка объектива D к фокусному расстоянию f , $\tau_{об}(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания объектива, m – масштаб изображения, определяемый отношением размера изображения, спроецированного на фотоприемник (ФП), к размеру объекта. Как правило, $m \rightarrow 0$.

Спектральный энергетический поток излучения, падающий на одиночный элемент ФП

$$\Phi_{FP}(\lambda) = A_p E_{FP}(\lambda),$$

где A_p – площадь светочувствительного элемента ФП.

Число фотонов, падающих на светочувствительную область элемента ФП

$$N_{ph}(\lambda) = \frac{\Phi_{FP}(\lambda)}{E_{\Phi}(\lambda)},$$

где $E_{\Phi}(\lambda) = hc/\lambda$ – энергия фотона на длине волны λ , $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме.

Поток излучения, падающий на светочувствительную область элемента ФП вызовет генерацию N_e сигнальных электронов

$$N_e(\lambda) = T_n N_{ph}(\lambda) QE(\lambda),$$

$$N_e = T_n \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \frac{\Phi_{FP}(\lambda) QE(\lambda) d\lambda}{E_{\Phi}(\lambda) d\lambda} = T_n A_p \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \frac{E_{FP}(\lambda) QE(\lambda) d\lambda}{E_{\Phi}(\lambda) d\lambda},$$

где T_n – время накопления, $\lambda_{min} \dots \lambda_{max}$ – границы спектрального диапазона.

Тогда, сигнал на выходе ФП, выраженный в числе сигнальных электронов

$$N_e = \frac{T_n A_p \rho_s \tau_{об}}{4hc} \left(\frac{D}{f}\right)^2 \cos \varphi \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \lambda E_s(\lambda) QE(\lambda) d\lambda. \quad (1)$$

Полученное выражение (1) позволяет проводить регулировку параметров телекамеры с целью адаптации к изменению освещенностей.

Следует отметить, что причины снижения качества изображений, формируемых в условиях низкой и высокой освещенностей, различны.

Рассмотрим различные режимы работы телекамер.

Работа в условиях низкой освещенности

В условиях низкой освещенности стоит задача наблюдения объектов на фоне собственных шумов телекамер. Сигналы от объектов маскируются собственными шумами ФП.

Как следует из полученного выражения (1), для повышения чувствительности телекамер должен применяться следующий комплекс мер:

- Охлаждение фотоприемников с целью снижения темновых токов;
- Использование подсветки в ближнем ИК (инфракрасном) спектральном диапазоне;
- Увеличение времени накопления T_n ;
- Увеличение диаметра входного зрачка объектива D ;
- Увеличение размера пиксела фотоприемника (бинирование) A_p ;
- Применение автоматической регулировки усиления.

Использование АРУ позволяет получить номинальный уровень сигнала при низкой освещенности, но при этом уровень шума увеличивается пропорционально. Таким образом, в отличие от первых пяти методов, использование АРУ не улучшает отношение сигнал/шум

Работа в условиях высокой освещенности

В условиях высоких освещенностей фундаментальным фактором, ограничивающим чувствительность ТВ системы, являются фотонные шумы.

Как следует из полученного выражения (1) для снижения чувствительности телекамер при высокой освещенности должен применяться следующий комплекс мер:

- Сужение границ спектрального диапазона наблюдения при помощи спектральных светофильтров;
- Использование нейтральных светофильтров;
- Использование блендов;
- Уменьшение времени накопления T_n ;
- Уменьшение диаметра входного зрачка объектива D ;
- Гамма-коррекция.

Работа в условиях высокого перепада освещенностей в поле зрения

Данная ситуация возникает, например, при одновременном попадании в поле зрения источников света, объектов с отражательной способностью, близкой к единице и объектов с низкой спектральной плотностью энергетической яркости.

Артефакты, возникающие при одновременном попадании в поле зрения объектов с высокой и низкой спектральной плотностью энергетической яркости, различны при использовании телекамер на КМОП и ПЗС ФП. В ПЗС ФП эти искажения проявляется в виде растекания зарядов («блюминг»), в КМОП ФП – провал до уровня черного (соляризация) [1].

Как следует из полученного выражения (1) для повышения чувствительности телекамер должен применяться следующий комплекс мер:

- Синтез изображений разных спектральных диапазонов: например, видимого и ближнего ИК спектральных диапазонов [10];
- Локальное увеличение размера пиксела фотоприемника (бинирование) для повышения контрастной чувствительности и числа различимых уровней видеосигнала;
- Синтез серии изображений, полученных с разным значением времени накопления;
- Нелинейная обработка видеосигналов, в том числе гамма-коррекция.

Таким образом, адаптация телекамеры к изменению освещенности должна проводиться с учетом полученного выражения (1) и комплекса мер, позволяющих регулировать параметры телекамеры при различных уровнях освещенности.

Список литературы

1. Цыцулин, А. К. Твердотельные телекамеры: накопление качества информации [Текст]: монография / А. К. Цыцулин, Д. Ю. Адамов, А. А. Манцветов, И. А. Зубакин. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – 272 с.
2. Цыцулин, А. К. Телевидение и космос [Текст]: учебное пособие / А. К. Цыцулин. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – 238 с.
3. Манцветов, А. А. Чувствительность цветных одноматричных камер [Текст] / П.С. Баранов, В.В. Козлов, А. А. Манцветов, // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. - 2012. – Вып. 1. – С. 58-72.
4. Волков В. Г. Телевизионные камеры для спецтехники // Спецтехника и связь. 2009. – № 1. – С. 2-11.
5. Смирнов, В. Д. Чувствительность оптико-электронных приборов при малом контрасте объекта к окружающему фону [Текст] / С. Е. Герсанова, И. В. Кнороз, В. Д. Смирнов // Известия вузов. Приборостроение. – 2009. – № 5(52). – С. 47-49
6. Куликов, А. Н. Наблюдения при ярком солнечном свете. [Электронный ресурс] / А. Н. Куликов, 2003. – Режим доступа: http://www.evs.ru/publ_1.php?st=15. – АО «ЭВС»
7. Чиркунова, А. А. Статистический анализ и синтез прикладных телевизионных систем [Текст] / Г. В. Левко, А. А. Манцветов, А. В. Морозов, В. В. Пятков, А. А. Умбиталиев, А. К. Цыцулин, А. А. Чиркунова // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. - 2015. – Вып. 6. – С. 4-15.
8. Адаптивные методы обработки изображений: сборник научных трудов / [под ред. В. И. Сифоров, Л. П. Ярославский]. – М.: Изд-во «Наука», 1988. – 243 с.
9. Цыцулин, А. К. Синтез прикладных телевизионных систем, адаптивных к динамике сюжета [Текст] / Д.Ю. Адамов, Г. В. Левко, А. А. Манцветов, А. В. Морозов, В. В. Пятков, А. А. Умбиталиев, А. К. Цыцулин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. - 2015. – Вып. 3. – С. 88-99.
10. Чиркунова, А. А. Телевизионная камера RGB-NIR диапазона [Текст] / П. С. Баранов, А. А. Чиркунова // Известия вузов России. Радиоэлектроника. -2015. – № 4. – С. 47-57.

МИКРОВОЛНОВАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТЕОПОРОЗА

С. ТАМИЛОВА, В. А. ЯКОВЛЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Человеческое запястье является сложной диэлектрической структурой с потерями, свойства которой зависят от ее состояния (здоровая или больная). Остеопороз характеризуется разрушением структуры трабекулярной кости и изменением ее плотности и диэлектрической проницаемости, что влияет на характер распространения электромагнитных (ЭМ) волн. Целью данной работы является исследование зависимости характеристик распространения волн от тяжести поражения остеопорозом. В работе представлен результат моделирования прохождения ЭМ волны сквозь модель человеческого запястья для различных степеней поражения остеопорозом.

Ключевые слова: остеопороз, микроволновая диагностика, резонатор Фабри-Перо.

Остеопороз – это заболевание, имеющее системный прогрессирующий характер, основным симптомом которого является снижение плотности и нарушение структуры костной ткани [1].

В случае поражения костной ткани остеопорозом из губчатой ткани вымывается кальций, а образующиеся поры и трещины постепенно заполняются жидкостными компонентами. Вследствие этого происходит изменение диэлектрической проницаемости кости. В таблице 1 указаны изменение диэлектрической проницаемости костив случае поражения, а также диэлектрические параметры других тканей запястья [2], [3].

Таблица 1.

Параметры тканей руки человека

Слой	Частоты			
	900 МГц		2.45 ГГц	
	ϵ	$\sigma, \frac{\text{См}}{\text{м}}$	ϵ	$\sigma, \frac{\text{См}}{\text{м}}$
Кожа	40	0,5	50	2
Жир	5,46	0,05	5,28	0,105
Мышца	60	1,5	60	2
Кортикальный слой	15	0,19	13	0,45
Губчатый слой (здоровая)	27	0,4	27	0,4
Губчатый слой (больная)	7	0,4	7	0,4

В качестве объекта исследования выбрано запястье руки человека (рис. 1), состоящее из различных тканей: кожа, мышечная ткань, жир, кортикальная кость, губчатая кость и другие [4]. Для упрощения модели была использована многослойная структура (рис. 2), параметры слоев взяты из таблицы 1. При поражении костной ткани остеопорозом диэлектрическая проницаемость кости уменьшается.

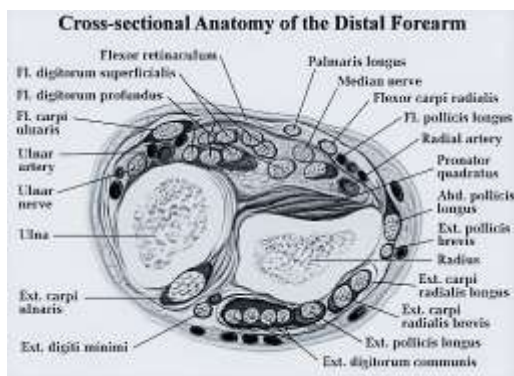


Рис.1. Поперечное сечение запястья

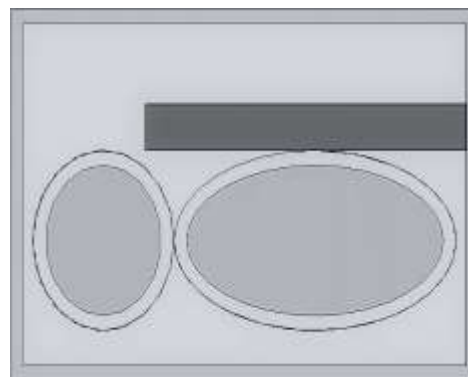


Рис.2. Упрощенная модель запястья

Для изучения изменения свойств кости нами был выбран резонатор Фабри – Перо (Рис. 3), представляющий собой открытый резонатор, состоящий из двух металлических пластин, расположенных на верхней и нижней поверхностях запястья, имеющего сложную структуру. В таком резонаторе в условиях резонанса ЭМ поле, возбужденное внешним источником, локализуется между пластинами и, следовательно, внутри запястья.

В качестве объекта моделирования рассматривался резонатор, состоящий из двух медных пластин диаметром 10 мм и толщиной 0,1 мм, расположенных по обеим широким сторонам запястья. В результате была получена зависимость реактивной части входного

импеданса резонатора от частоты, на которой наблюдались характерные резонансные точки (Рис. 4), соответствующие различным модам резонатора (последовательному и параллельному резонансам) при распространении ЭМ волны через запястье. Результаты моделирования ЭМ поля в резонаторе приведены на рисунке 5.



Рис. 3. Модель с резонатором Фабри-Перо

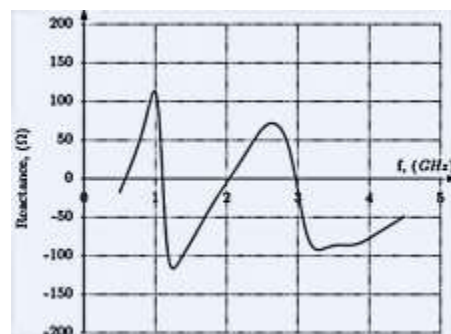


Рис.4. График зависимости мнимой части входного импеданса от частоты

Из результатов моделирования видно, что на частоте 1,1 ГГц присутствует один максимум ЭМ поля, а на частоте 2 ГГц два максимума, что соответствует первой и второй резонансным модам.

С изменением диэлектрической проницаемости кости изменяются частоты резонансов, характер их изменения отражен в таблице 2.

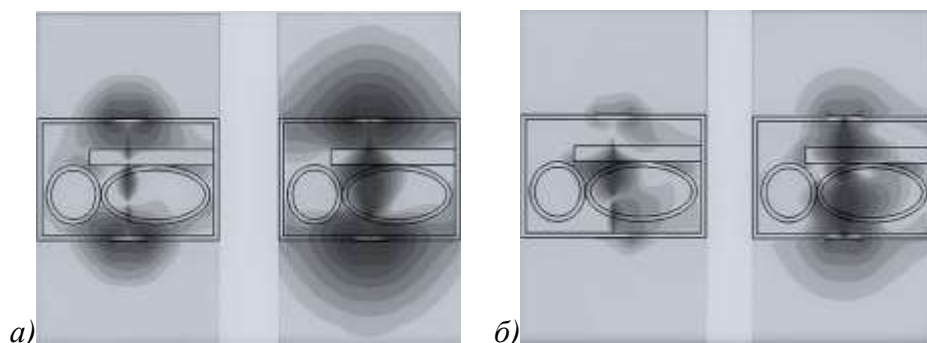


Рис.5. Распространение ЭМ волн в два последовательных момента времени: а) для первой резонансной моды (частота 1,1 ГГц); б) второй резонансной моды (частота 2 ГГц)

Таблица 2.

Резонансные частоты для различных диэлектрических проницаемостей

ϵ	27	22	17	12	7
f_1 , ГГц	1,1	1,15	1,22	1,35	1,84
f_2 , ГГц	2,04	2,13	2,27	2,48	2,84

Частотные сдвиги могут быть легко обнаружены аппаратными средствами, более того, они могут служить параметром, по которому мы можем проводить микроволновую диагностику остеопороза.

По полученным данным была предложена классификация степени поражения остеопорозом:

- Здоровая кость: $\epsilon = 27 \dots 22$;
- Частичное поражение: $\epsilon = 22 \dots 17$;
- Сильное поражение: $\epsilon = 17 \dots 12$;
- Критическое поражение: $\epsilon = 12 \dots 7$.

Моделирование процесса распространения ЭМ волн через многослойную структуру запястья с использованием резонатора Фабри-Перо в качестве основного устройства для исследования свойств кости показывает его эффективность в изучении процесса распространения ЭМ волн сквозь запястье. В дальнейшем планируется: организовать систему возбуждения резонатора, размещенного на гибкой подложке [5]; ввести обобщенный параметр, учитывающий влияние геометрии запястья на полученные результаты; построение достоверной модели резонатора, размещенного на запястье, пригодной для практического применения в медицинской диагностике; проведение эксперимента.

Список литературы

1. Meaney P.M., Goodwin D., Golnabi A., Pallone M., Geimer S., Paulsen K.D. 3D Microwave bone imaging. Conf Proc 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP) 2011. doi: 10.1109/EuCAP.2012.6206024.
2. C. Gabriel, S. Gabriel, and E. Corthout, "The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey," Physics in Medicine and Biology, vol. 41, no. 11, pp. 2231–2249, 1996
3. S. Gabriel, R. W. Lau, and C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10Hz to 20GHz," Physics in Medicine and Biology, vol. 41, no. 11, pp. 2251–2269, 1996.
4. T. Rolain. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.coroflot.com/tomrolain/medical-illustration> (Дата обращения 14.03.2018)
5. И.Б. Вендик, Гибкие антенны и импедансные поверхности для беспроводных систем на поверхности человеческого тела, Сб. трудов конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ», Санкт-Петербург, 1-4 июня 2015, с. 165-170.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ АКТИВНЫХ ЦЕПЕЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХ НЕФОСТЕРОВСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. С. Титов, Д. В. Холодняк

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассматриваются методы анализа устойчивости активных цепей применительно к конверторам отрицательного импеданса, которые используются для практической реализации нефостеровских элементов с отрицательными значениями индуктивности или емкости.

Ключевые слова: нефостеровские элементы, конверторы отрицательного импеданса, устойчивость.

Введение. В последнее время ведутся активные исследования, направленные на применения так называемых нефостеровских элементов – активных цепей, реализующих отрицательную емкость или индуктивность, – с целью широкополосного согласования электрически малых антенн и создания широкополосных СВЧ-устройств [1].

Для реализации нефостеровских элементов используются активные цепи, называемые конверторами отрицательного импеданса (КОИ) [2]. Одна из основных проблем, которую приходится решать при разработке КОИ и СВЧ-устройств, содержащих нефостеровские элементы на основе КОИ, – это проблема обеспечения устойчивости, поскольку КОИ фактически представляют собой усилители с положительной обратной связью, которые потенциально неустойчивы. При этом необходимо не только анализировать, устойчива

или неустойчива цепь при определенных условиях и заданном наборе параметров, но и иметь возможность выявлять причину неустойчивого поведения цепи для того, чтобы, скорректировав набор параметров обеспечить устойчивый режим.

В работе рассматриваются основные методы анализа устойчивости активных цепей с учетом особенностей реализации нефостеровских элементов.

Проблемы анализа устойчивости. Неустойчивое поведение активной цепи может являться причиной заметных расхождений между результатами моделирования и измеренными характеристиками реального устройства.

Сложность проблемы анализа устойчивости состоит в том, что схемы содержащие активные компоненты (транзисторы) описываются системой нелинейных дифференциальных уравнений, что обуславливает наличие четырех основных типов устойчивых состояний: на постоянном токе, периодическое, квазипериодическое, и хаотическое (непериодическое) [3]-[6].

Несмотря на то, что основные механизмы возникновения неустойчивости хорошо известны, предсказать устойчивым или неустойчивым будет поведение СВЧ-цепи, состоящий из активных и пассивных компонентов, на основании только результатов моделирования частотных характеристик невозможно. Необходим строгий анализ устойчивости [7]-[9].

Методы анализа устойчивости. Наиболее простой способ оценки устойчивости активной цепи заключается в анализе переходных процессов во временной области. Для оценки устойчивости во временной области могут применяться различные методы, среди них наибольшее распространение получил метод гармонического баланса [5], [10].

Также на практике широко применяется метод анализа положения нулей и полюсов передаточной функции цепи [11], [12]. При помощи данного метода можно определить, как влияют те или иные параметры цепи на ее передаточную характеристику, и тем самым найти набор параметров, обеспечивающих устойчивый режим.

При исследовании устойчивости активных СВЧ-устройств также стоит задача определения полосы частот, в которой то или иное устройство является устойчивым. Для решения данной задачи используются следующие критерии устойчивости: критерий Роллетта, который применим только для решений на постоянном токе; критерий Найквиста (Михайлова) для характеристической функции цепи и критерий нормированной детерминантной функции (НДФ). Рассмотрим эти критерии более подробно.

Критерий Роллетта. Данный критерий был предложен в 1962 году для анализа устойчивости четырехполюсников, работающих в линейном режиме [13]. Метод заключается в анализе параметров матрицы рассеяния цепи. Цель анализа – предотвратить возможное появление отрицательного сопротивления, которое может нарушить баланс энергии в четырехполюснике и привести к его самовозбуждению. Чтобы исключить самовозбуждение четырехполюсника необходимо ограничить диапазон его допустимых нагрузок по входу и выходу.

Критерий Найквиста (Михайлова). Наиболее общим и широко распространенным критерием анализа устойчивости является критерий Найквиста (Михайлова). Данный метод заключается в нахождении и анализе характеристической функции цепи. Сложность состоит в том, что характеристическую функцию не всегда можно найти аналитически. К тому же этот метод плохо подходит для анализа устойчивости в широкой полосе частот. В то же время основным применением нефостеровских элементов является

создание широкополосных устройств, и, следовательно, анализ устойчивости активных цепей, реализующих нефостеровские элементы, необходимо проводить в широкой полосе частот. Применение критерия Найквиста для анализа КОИ, реализующих нефостеровские элементы, описано, например, в [14].

Критерий НДФ. В [9], [15] показано, что критерии устойчивости Найквиста и Роллетта не дают полного представления об устойчивости активной цепи. В ряде случаев они могут указывать на устойчивость, когда цепь является неустойчивой, и наоборот. Кроме того, эти критерии не учитывают так называемые "скрытые" гармоники, которые могут стать причиной неустойчивого поведения цепи. В связи с этим для анализа устойчивости активных цепей, реализующих нефостеровские элементы, в последнее время наибольшее распространение получил критерий НДФ.

В основе данного критерия лежит определение нормированной детерминантной функции:

$$NDF = \frac{\Delta}{\Delta_0},$$

где Δ – определитель матрицы цепи, Δ_0 – определитель матрицы цепи, в которой все зависимые источники сигнала (тока и напряжения) отключены [15]. В качестве матрицы, описывающей систему, может использоваться классическая матрица передачи (A), матрицы сопротивлений и проводимости (Z и Y) и т. п. Следует отметить, что НДФ представляет собой комплексную функцию.

Для анализа устойчивости цепи с применением НДФ при изменении частоты от $-\infty$ до $+\infty$ необходимо построить годограф на комплексной плоскости. Если он охватывает начало координат при движении в направлении против часовой стрелки, то определитель матрицы цепи Δ содержит нули в правой части комплексной плоскости. Их наличие свидетельствует о неустойчивости исследуемой системы [11]. По изменению фазы аргумента функции НДФ($j\omega$) при изменении частоты ω от $-\infty$ до $+\infty$ можно судить о том, сколько раз годограф НДФ охватывает начало координат при движении против часовой стрелки, и соответственно, о количестве нулей определителя матрицы цепи (при отсутствии полюсов).

При построении годографа НДФ определяется количество полюсов в правой части комплексной плоскости: каждый охват НДФ начала координат на положительных частотах свидетельствует о наличии полюса функции. При увеличении частоты ($\omega \rightarrow \infty$) НДФ асимптотически стремится к точке $(1; j0)$, что позволяет определить диапазон частот, достаточный для проведения анализа устойчивости цепи [8].

Современные САПР СВЧ-устройств такие, как NI AWR Design Environment, позволяют выполнять анализ устойчивости с применением НДФ на этапе схемотехнического моделирования разрабатываемых устройств.

Закключение. Проблема обеспечения устойчивости активных цепей, реализующих нефостеровские элементы с отрицательными значениями индуктивности или емкости, является ключевой для практических применений таких элементов. Для анализа устойчивости таких цепей в наибольшей степени подходит метод НДФ. Поскольку устойчивое состояние цепи может быть крайне чувствительным к разбросу параметров, в ряде практических случаев для обеспечения устойчивости в условиях возможного изменения параметров применяют стабилизирующие цепочки [16].

Список литературы

1. Linvill J. G. Transistor negative impedance converters / J. G. Linvill //Proc. of IRE. - 1953. - V. 41. P. 725-729.
2. Merrill J.L. Theory of the Negative Impedance Converter / J. L. Merrill // BellSystem. Technical J. - 1951. - V. 30, N. 1. - P. 88-109.
3. Parker T.S. Partical Numerical Algoritms for Chaotic System / T.S. Parker, L.O. Chuo// New York: Springer-Verlag, - 1989. - 362 p.
4. Suarez A. Analysis and Design of Autonomous Microwave Circuits / A. Suarez //Hoboken, NJ: IEEE-Wiley, Jan. 2009.– 704 p.
5. Suarez A. Stability Analysis of Nonlinear Microwave Circuits / A. Suarez, R. Quere // Norwood, MA, USA: Artech House, Inc., - 2003. - 337 p.
6. Suarez A. Radiofrequency stability analysis / Hoboken, NJ: Wiley, - 2012.– 80 p.
7. Mons S. A unified approach for the linear and nonlinear stability analysis of microwave circuits using commercially available tools/ S.A. Mons Et al. //IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 47, no. 12, - 1999.- P. 2403-2409.
8. Platzker A. Rigorous determination of the stability of linear n-node circuits from network determinants and the appropriate role of the stability factor K of their reduced twoports / A. Platzker, W. Struble. //in Proc. 3rd Int. Workshop Integrated Nonlinear Microwave Millimeterwave Circuits,- 1994- P. 93-107.
9. Struble W. A rigorous yet simple method for determining stability of linear N-port networks. / W. Struble, A. Platzker // IEEE 15th Annual GalliumArsenide Integrated Circuit Symp. Tech. Dig. - 1993. - P. 251-254.
10. Kshatri S.C. Capacitance and bandwidth tradeoffs in a cross-coupled CMOS negative capacitor / S. Kshatri, J. M. C. Covington, J. W. Shehan, T. P. Weldon et al.// Proc. of IEEE Southeastcon, Jacksonville, Florida, USA, - 4-7 April 2013. -P. 1-4.
11. Ugarte-Munoz E. Investigation of Stability of Negative Impedances for Use in Active Metamaterials and Antennas/ E. Ugarte-Muñoz, S. Hrabar, D. Segovia-Vargas // Proc. of 5th European Conf. on Antennas and Propag., Rome, Italy. - 2011. -P. 2184-2188.
12. Elfrgani A.M. Stabilizing Non-Foster-Based Tuning Circuits For Electrically Small Antennas / A.M. Elfrgani, R.G.Rojas // Proc. IEEE AP-S Int. Symp.. -2014. - P. 1-2.
13. Rollett J.M. Stability and power-gain invariants of linear twoports/J.M. Rollett // IRE. Trans. Circuit Theory, vol. CT-9, - 1962. - P. 29-32.
14. Koulouridis S. Stability and Implementation of Non-Foster Circuits for Antennas / S. Koulouridis, S. Stefanopoulos // Proc. 2012 IEEE AP-S Int. Symp. P. 1-2.
15. Jinenez-Martin, J. L. Full Conditions for the Stability Analysis of Negative Impedance Converters / J. L. Jinenez-Martin, V. Gonzalez-Posadas, E. Ugarte-Munoz, D. Segovia-Vargas // 6th European Conf. on Antennas and Propag., Prague, Czech Republic, 26-30 March 2012. - P. 135-138.
16. Xu Z.A., White C.R. , Yung M.W., Yoon Y.J., Hitko D.A., Colburn J.S. “Non-Foster Circuit Adaptation for Stable Broadband Operation”, IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 22, no. 11, November 2012. – P. 571-573.

ИЗМЕРЕНИЕ ВАРИКАПОВ С ВЫСОКОЙ ДОБРОТНОСТЬЮ

Н. И. ТКАЧЕНКО

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Аннотация. В данной статье будут рассмотрены способы измерения варикапов с высокой добротностью с использованием отрицательных ёмкости и резистора.

Ключевые слова: *варикап, добротность, отрицательный импеданс.*

Недавно российская промышленность наладила выпуск варикапов российского производства для замены импортных изделий, использующихся в российской радиоэлектронной аппаратуре превосходящие аналоги по добротности, значение которой достигает 1000 и более на частоте 50 МГц. С выпуском варикапов высокой добротности возникает проблема точного измерения этого параметра. Большинство измерительных приборов имеют небольшой диапазон измерения добротности (0 - 500).

Цель данной статьи – рассмотрение способов измерения варикапов с высокой добротностью.

Варикап – это полупроводниковый диод, действие которого основано на зависимости ёмкости от обратного напряжения и который предназначен для применения в качестве элемента с электрически управляемой ёмкостью [1]. Одним из его параметров является добротность. Трудно переоценить его значимость, при его использовании в современных электронных устройствах. Варикапы применяются в схемах деления и умножения частоты, перестройки частоты колебательного контура, управляемых фазовращателей и др. Следовательно, данные элементы используются в таких радиотехнических системах как РЛС, приёмные устройства, радары, устройства связи, как гражданского, так и военного назначения, поэтому точное измерение варикапа с большой добротностью – довольно серьёзная задача, решить которую нужно в ближайшем будущем.

Добротность варикапа – отношение реактивного сопротивления варикапа на заданной частоте переменного сигнала к сопротивлению потерь при заданном значении ёмкости или обратного напряжения.

Принципиальная электрическая схема измерения добротности должна соответствовать указанной на рисунке 1 [1].

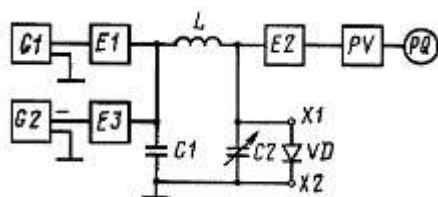


Рис. 1. Схема измерения добротности варикапа

Данный метод измерения добротности основан на определении добротности контура с варикапом и без него при настройке контура в резонанс путём изменения ёмкости контура или варикапа. Проблема заключается в том, что добротность нагруженного контура (резонансной системы), к которому подключаются измерительный варикап, должна быть, по возможности, близка к значению добротности измеряемого варикапа или больше её, при этом допускается применение схем компенсации потерь [2]. Следовательно, для точного измерения добротности со значениями 1000 и более, нужно иметь колебательный контур с добротностью 1000 и более. Однако реализовать колебательные контуры с такими добротностями традиционными способами крайне тяжело. Далее будут представлены способы увеличения добротности без конструктивных изменений конденсаторов и катушек индуктивности.

Первый способ: уменьшение активного сопротивления потерь, которое зависит от суммы активных сопротивлений катушки индуктивности и конденсатора. Чем меньше это активное сопротивление, тем больше добротность контура. Уменьшить это сопротивление можно с помощью компенсации потерь за счёт включения в контур схемы с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Данная схема представлена на рисунке 2.

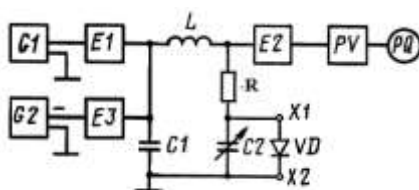


Рис. 2. Схема компенсации активных потерь с помощью отрицательного дифференциального сопротивления

Величина сопротивления – R должна быть равна сумме активных сопротивлений катушки индуктивности и конденсатора.

Второй способ: замена конденсатора $C1$ на схему, реализующую отрицательную ёмкость – C . «Отрицательную» ёмкость можно сконфигурировать под условия измерения таким образом, что общая добротность контура будет 1000 и более. Увеличение добротности контура происходит вследствие того, что его добротность зависит от добротностей, входящих в него конденсаторов и катушек индуктивности, а добротность «отрицательной» ёмкости может достигать 1000 и более. Данная схема представлена на рисунке 3.

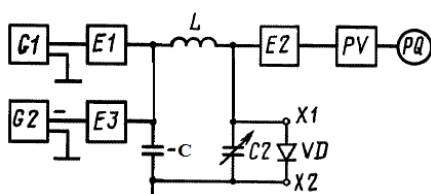


Рис. 3. Схема компенсации потерь с помощью «отрицательной» ёмкости

Реализация первого и второго способа увеличения добротности колебательного контура возможна с использованием конвертера отрицательного импеданса (КОИ), на биполярных транзисторах, например по схеме Линвилла [3].

Таким образом, в конце остаётся добавить, что использование рассмотренных в данной статье способов увеличения добротности колебательного контура позволяет измерять значения добротности варикапов со значениями 1000 и более. Учитывая тот факт, что в ближайшем времени такие варикапы будут активно внедряться в производство радиотехнических систем, появятся и приборы для точного измерения их добротности, работающие по рассмотренным в данной статье вариантам.

Список литературы

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – Высшая школа, 1978 г. 479 с.
2. ГОСТ 18986.19 – 73. Варикапы. Метод измерения добротности. – ИПК издательство стандартов, Москва, 10 с.
3. Ф. Бенинг. Отрицательные сопротивления в электронных схемах. Берлин 1971. Пер. с нем. Под ред. Д.П. Линде. М., «Сов. Радио», 1975, 288 с.

ШИРОКОПОЛОСНАЯ КОНЦЕПЦИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОНАВИГАЦИИ

Р. Р. ХАЗИАХМЕТОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье приведен обзор, свидетельствующий об активном продвижении в последнее десятилетие на мировой рынок широкополосных систем радионавигации наземного базирования, которые постоянно развиваются в направлениях совершенствования технических решений, учитывающих последние достижения в области поиска новых форматов ШПС. Эти РНС оказываются способными удовлетворить высокие требования, предъявляемые к современным системам позиционирования.

Ключевые слова: радионавигационная система, радиомаяк, шумоподобный сигнал, фазовая манипуляция, радиоволна, электромагнитная совместимость.

Основная задача, стоящая перед современными РНС, заключается в предоставлении возможности их многочисленным потребителям осуществить гарантированные высокоточные измерения координат при обеспечении высокой помехозащищенности, скрытности, криптозащищенности и ЭМС с одновременно работающими в эфире радиосредствами. Весь этот комплекс требований может быть реализован при использовании для радионавигационных измерений дискретных ШПС, которые в дополнение к возможности достижения наивысших тактических показателей позволяют оптимизировать энергетический режим передающей аппаратуры, максимально сближая пиковую и среднюю излучаемые мощности.

Обычно под ШПС подразумевают сигналы, напоминающие в определенном смысле реализации широкополосного шума, т.е. имеющие время корреляции значительно меньшее, чем длительность самого сигнала.

Сигналы РНС (Декка, Омега, Транзит и др.), не использующих широкополосную идеологию, таковы, что их энергия сконцентрирована в сравнительно узком частотном диапазоне, а характеристики, в основном, не удовлетворяют жестким современным требованиям. Навигационные сигналы широкополосных РНС подвергаются дополнительной кодовой манипуляции, поэтому для их передачи требуется значительно больший частотный диапазон DF . Это приводит к уменьшению спектральной плотности мощности в DF/DF раз. Рассредоточение энергии сигнала по времени и частоте и придание ему сходства с шумом сводит к минимуму признаки и последствия присутствия в эфире соответствующей системы. С одной стороны, это отвечает интересам той категории систем, для которых характерно стремление к скрытности или хотя бы анонимности работы, так как увод спектра сигнала под спектр шума затрудняет фиксацию самого факта излучения. С другой стороны, соседствующие системы, не перегружая друг друга мощными импульсными наводками, имеют больше шансов бесконфликтного сосуществования, что способствует повышению их ЭМС. Кроме того, при достаточно эффективном кодировании доступ к передаваемой информации могут получить только санкционированные потребители. Применение ШПС позволяет получить высокую точность совместного измерения дальности и скорости подвижных объектов.

На сегодняшний день известен целый ряд РНС как наземного, так и космического базирования, работающих в различных частотных диапазонах и использующих для

местоопределения потребителей ШПС. Основные характеристики некоторых из них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Название РНС	Страна-разработчик	Частотный диапазон	Дальность, км	Точность, м
NAVSTAR-GPS	США	1,2/1,5 ГГц	Глобальная РНС	10/100
Geoloc	Франция	2МГц	1000	$2+1,5 \cdot 10^{-5} \cdot R$
Spot	США	1,6-1,8 МГц	740	До 10
«Спрут»	Россия	2-3 МГц	1000	До 10
ГЛОНАСС	Россия	1100-1610 МГц	Глобальная РНС	5-10

Важное направление интеграции наземных и спутниковых РНС связано с синхронизацией наземных опорных станций по сигналам навигационных космических аппаратов. Примером могут служить РНС LORAN-C (отечественный аналог – РНС «Чайка»), GEOLOC (Франция) и разрабатываемая отечественная широкополосная РНС «Спрут». Возможность внешней синхронизации наземных станций появилась благодаря разработке эталонов времени и частоты (ЭВЧ) с относительной нестабильностью 10^{-13} и выше, что позволяет осуществлять синхронизацию излучения сигналов путем привязки к единой шкале времени.

Дополняя спутниковые РНС и способствуя улучшению их характеристик при комплексном использовании, наземные РНС сохраняют возможность автономного функционирования. Это особенно важно для применения интегрированных систем навигации в условиях, когда нормальное функционирование спутниковых систем невозможно и наземные широкополосные РНС могут оказаться безальтернативным средством навигационного обеспечения потребителей. В этом случае осуществляется автономная синхронизация излучения опорных станций без привлечения внешних источников информации о точном времени.

На сегодняшний день среди широкополосных РНС, использующих для навигационных измерений диапазон средних волн (СВ), известны только две - Spot (США) и Geoloc (Франция).

Первая из них, развернутая на побережье США и Канады в середине 80-х годов, работает в диапазоне 1,6 - 1,8 МГц и обеспечивает дальность до 740 км. Точность местоопределения по сигналам РНС Spot в дальномерном режиме идентична точности средневолновых фазовых систем типа Argo и Reidist и составляет единицы метров. Однако применение в РНС Spot для радионавигационных измерений ШПС позволяет существенно повысить надежность извлечения навигационной информации за счет разделения поверхностной и пространственной волны.

Наиболее полно преимущества использования ШПС реализованы в наземной РНС среднего радиуса действия, разработанной в 80-х годах специалистами фирмы Sersel и получившей название Geoloc. Благодаря исключительно большому коэффициенту сжатия сигнала при использовании когерентной обработки удалось получить уникальные параметры системы, проверенные в полевых условиях:

- круглосуточную дальность действия в любых метеорологических условиях до 1000 км;
- точность местоопределения на максимальной удаленности потребителя от РМ - до 15 м;

- надежная работа в присутствии ионосферных переотражений или искусственных помех, превышающих полезный сигнал на 50 дБ;
- практически полная ЭМС с другими радиосредствами в одном и том же частотном диапазоне.

Таким образом система Geoloc способна решать задачи местоопределения морских потребителей, для которых необходимы высокая точность знания своих координат при больших удалениях от передающих станций системы. Подобная информация необходима главным образом для морских геофизических служб, использующих навигационные средства при разведке полезных ископаемых на шельфе, гидрографии и также исследовании имеющих обычно большое стратегическое или экономическое значение прибрежных морских экономических зон.

Использование кодирующих последовательностей достаточно большой длины допускает функционирование в зоне действия РНС более чем 20 излучающих РМ, перекрестные помехи от работы которых оказываются пренебрежимо малыми. При этом местоопределяющийся объект получает возможность осуществить селективный выбор станций, обеспечивающих наиболее точное определение координат при лучшей геометрии расположения РМ.

В приемоиндикаторах РНС Geoloc, использующих способ когерентной обработки, осуществляется измерение как групповой задержки огибающей, так и задержки фазы несущей частоты принимаемого колебания. Для примененного в системе Geoloc сигнала отношение несущей частоты к ширине спектра излучаемого колебания невелико: $f_0 / \Delta F \approx 3$. Это означает, что на интервале времени, равном длительности символа манипулирующей псевдослучайной последовательности, может быть размещено три периода несущей частоты сигнала. Столь малое соотношение между f_0 и ΔF позволяет осуществлять фазовые измерения практически без риска получения многозначности отсчетов, что вносит свой вклад в повышение точности измерения координат объекта.

Благодаря исключительно высокому коэффициенту сжатия для обеспечения требуемых характеристик РМ РНС Geoloc могут излучать сигналы весьма низкой мощности. При этом в системе предусмотрен периодический контроль уровня атмосферных шумов и регулировка мощности, излучаемой передатчиками, с тем, чтобы уже на малых удалениях от РМ полезный сигнал не был замечен на фоне внешнего шума. В результате этих мероприятий сигналы РНС практически не детектируются обычными приемниками и даже средствами радиоконтроля. Эта мера приводит не только к исключению каких-либо мешающих воздействий со стороны РНС на другие радиотехнические системы (РТС), функционирующие в данном районе, но и позволяет стабилизировать диапазон изменения отношения сигнал/шум для приемной аппаратуры системы.

В основу работы большинства РНС положено свойство радиоволн распространяться в однородной среде с конечной скоростью по кратчайшему расстоянию. Изменение указанных свойств радиоволн в реальных земных условиях, связанное с многолучевостью распространения, рефракцией, различными отражениями от местных предметов и неоднородностью электрических свойств подстилающей поверхности на трассе, может привести к появлению дополнительных ошибок в измерении радионавигационного параметра (РНП), сводящих на нет все преимущества системы. В РНС Geoloc предприняты меры по устранению влияния подобных систематических погрешностей

посредством использования моделей поправок на распространение радиоволн. Эти модели включают в себя определение коэффициента рефракции (вычисляется на борту местоопределяющегося объекта на основе постоянного анализа метеопараметров), а также учета характера электрической проводимости и проницаемости подстилающей поверхности на трассе распространения. Применение такой модели приводит к существенному улучшению качества измерения РНП: ошибки для каждой линии положения составляют $2+1,5\cdot10-5\cdot R$, м, где R - дистанция до РМ РНС, т.е. при дальностях до 1000 км ошибки не превышают 20 м.

Режим работы аппаратуры системы Geoloc определяется используемой конфигурацией системы. Среди способов функционирования выделяются комплексированные режимы, при которых часть необходимых для работы данных поступает от внешних РНС (Transit, NAVSTAR, Syledis и т.д.) и автономные режимы, при которых работа системы обеспечивается только за счет внутренних ресурсов без привлечения дополнительных данных других систем.

В так называемом свободном режиме работы временные метки отдельных передатчиков системы не синхронизированы и на каждом РМ используется высокостабильный защищенный рубидиевый или цезиевый опорный генератор, сохраняющий высокостабильное системное время с относительно малым дрейфом, эквивалентным увеличению ошибки на несколько метров в час. В мобильных приемоиндикаторах при этом может использоваться или бортовой высокостабильный цезиевый опорный генератор (местоположение потребителей в этом случае определяется на основе круговых линий положения), или высококачественный кварцевый (местопределение осуществляется разностно-дальномерным методом по гиперболическим линиям положения). В обоих случаях коррекция РНП осуществляется при помощи информации, получаемой обычно из РНС NAVSTAR и ГЛОНАСС.

При синхронизированных режимах работы в системе используется общая для всех РМ контрольно-измерительная станция, производящая измерения относительных дрейфов хранителей времени опорных станций и выполняющая необходимые корректирующие действия. Точность синхронизации в таком режиме составляет несколько наносекунд. При этом открываются возможности полной автоматизации системы, а определение местоположения потребителей производится разностно дальномерным методом.

В настоящее время система Geoloc представляет собой современное высокоэффективное средство местоопределения морских объектов, помогающее решить серьезные проблемы высокоточной и надежной навигации. Рациональное использование в системе ШПС обеспечивает получение уникальных для СВ РНС наземного базирования точностных характеристик при высокой ЭМС с другими радиосредствами.

Список литературы

1. Бондаренко В.Н., Кокорин В.И. Широкополосные радионавигационные системы с шумоподобными частотно-манипулированными сигналами/Новосибирск: Наука. 2011. – 260с.
2. Алёшечкин А.М. Перспективы применения шумоподобных сигналов в системах дальней радионавигации / А.М. Алёшечкин В.Н. Бондаренко, В.И. Кокорин // Труды XI Межд. НТК «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж. – 2005. – Т. 3. – С. 1385–1390.
3. Алёшечкин А.М. Бортовая станция широкополосной системы морской радионавигации / А.М. Алёшечкин, В.Н. Бондаренко, В.И. Кокорин. // Труды XIII-й Межд. НТК «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж. – 2007. – Т. 3. – С. 1932–1943.

4. Бондаренко В.Н. Результаты экспериментальных исследований широкополосной радионавигационной системы средневолнового диапазона/ А.М. Алёшечкин, В.Н. Бондаренко, В.И. Кокорин, Е.В. Кузьмин// Гирроскопия и навигация. – 2009. – №4. – С. 20–25.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ОТОБРАЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ

Ян Синь

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В этой статье анализируется применение технологии сенсорного экрана в мобильных телефонах и иллюстрируется разработка сенсорного экрана для мобильного телефона. В статье описываются принципы, преимущества и недостатки резистивного сенсорного экрана и ёмкостного сенсорного экрана. В то же время кратко описывается новый сенсорный экран мобильного телефона – 3Dтач сенсорный экран.

Ключевые слова: резистивный сенсорный экран, ёмкостный сенсорный экран, 3Dтач

Мобильные телефоны постепенно становятся незаменимым инструментом в повседневной жизни людей. От первого устройства беспроводного телефона, которое Натан Стабблфилд сделал в 1902 году, до современных смартфонов, которые производятся мобильными компаниями Xiaomi, Apple, Vivo, Samsung и Huawei, конструкции и функции телефонов претерпели огромные изменения. А экраны как «лицо» телефона тоже постоянно совершенствуются и оптимизируются, например, модернизируются функции, размеры, материалы экрана и т.д.

Мобильный телефон как инструмент коммуникации должен удовлетворять требованиям интерактивных функций человека и машины. Раньше интерактивный режим общения человека и машины осуществлялся с помощью физических ключей (кнопок). Вплоть до появления IBM Саймон. Саймон стал не только первым сенсорным телефоном, он стал первым смартфоном. Он разрабатывался американской корпорацией IBM совместно с телекоммуникационной компанией BellSouth. В 1994 году он был выпущен в продажу. Билл Бакстон, главный исследователь в Microsoft Research, писал, что Саймон - первый смартфон. Он открывает эру смартфонов с первыми сенсорными экранами [1].

С тех пор экран телефона – это не просто дисплей, теперь он приобретает функцию взаимодействия. Рождение и применение сенсорных технологий - это не только прогресс технологии, но и тенденция развития интерактивного взаимодействия человека и машины. Стивен Пол Джобс сказал на презентации iPhone в 2007 году, что физические кнопки всегда существуют независимо от того, используете вы их или нет. Их невозможно изменить, тем более невозможно иметь кнопку для каждого приложения в отдельности [2]. Функция сенсорного экрана – взаимодействие с приложениями, поэтому кнопки становятся лишним звеном. Таким образом, технология сенсорного экрана быстро развивалась в индустрии мобильных телефонов в целях упрощения их использования. Теперь существует два основных типа телефонов сенсорных экранов: резистивные и ёмкостные.

Рассмотрим принцип резистивного сенсорного экрана. Структура резистивного сенсорного экрана показана на Рис. 1. Над дисплеем наложены две прозрачные пластины. Верхняя пластина гибкая (тонкая полиэфирная пленка и т.п.), нижняя же жестко (как

правило стекло) закреплена на экране. На обращенные друг другу поверхности нанесены проводники. Микроконтроллер подает напряжение последовательно на электроды верхней и нижней пластины. При нажатии на экран гибкий верхний слой прогибается, и его внутренняя проводящая поверхность касается нижнего проводящего слоя, изменяя тем самым сопротивление всей системы. Изменение сопротивления фиксируется микроконтроллером и таким образом определяются координаты точки касания [2].

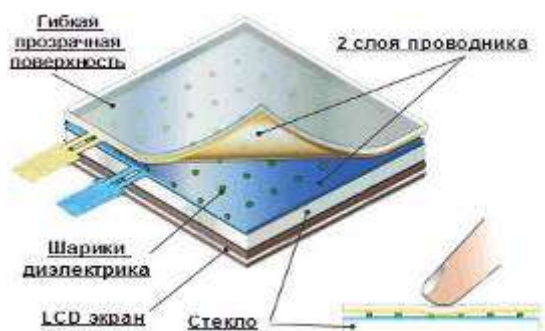


Рис.1. Резистивный сенсорный экран

Из плюсов резистивных сенсорных экранов можно отметить, что он не боится загрязнения пыли и водяного пара, имеет неплохую чувствительность, а также дает возможность нажимать на экран как пальцем, так и любым предметом. Недостатком ранних резистивных сенсорных экранов было то, что данный тип в большинстве случаев не поддерживает мультиприкосновение. Но с усовершенствованием технологии эту проблему можно улучшить с помощью техники матричных сенсорных экранов. Но резистивный сенсорный экран ещё имеет другие проблемы, например, механический износ, подверженность случайным касаниям и т.д. Для того, чтобы развить функцию мультиприкосновения начали разрабатывать новый тип технологии сенсорного экрана – ёмкостный сенсорный экран.

iPhone считается первым мобильным телефоном, который использует ёмкостный сенсорный экран. 9 января 2007 года Стив Джобс на Macworld 2007 предъявил iPhone миру. С тех пор в сенсорных экранах мобильных телефонов начали использоваться ёмкостные сенсорные экраны.

Структура ёмкостного сенсорного экрана показана на Рис. 2. Ёмкостный сенсорный экран представляет собой стеклянную панель, покрытую прозрачным резистивным материалом (обычно применяется сплав оксида индия и оксида олова). Электроды, расположенные по углам экрана, подают на проводящий слой небольшое переменное напряжение (одинаковое для всех углов). При касании экрана пальцем или другим проводящим предметом появляется утечка тока. При этом чем ближе палец к электроду, тем меньше сопротивление экрана, а значит, сила тока больше. Ток во всех четырёх углах регистрируется датчиками и передаётся в контроллер, вычисляющий координаты точки касания [3].

Из плюсов ёмкостных сенсорных экранов можно отметить, что он может поддерживать мультиприкосновения. Кроме того, резистивные экраны чувствительны к нажатию, а ёмкостные реагируют на касание, поэтому людям не нужно сильно нажимать на экран. Поэтому ёмкостные сенсорные экраны имеют меньше механических износов. Но ёмкостный сенсорный экран реагирует только на человеческие пальцы (и другие объекты

со сходными электрическими характеристиками). По этой причине таких экранов касаться можно только пальцами, стилосом или специальными перчатками. В большинстве экранов смартфонов теперь используется принцип ёмкостного сенсорного экрана.



Рис.2. Ёмкостный сенсорный экран

Чтобы быстрее и эффективнее управлять устройством, появился новый способ взаимодействия с устройствами – 3Dтач. Это новая технология, которую впервые начали использовать в iPhone 6S. 3Dтач поддерживает касание, смахивание, сведение и разведение пальцев. Разница по сравнению с обычным ёмкостным экраном в том, что этот экран может ощущать различную силу касания, что приводит к различным эффектам работы.

Принцип 3Dтач заключается в том, что ёмкостный датчик интегрируется позади экрана телефона. При нажатии на дисплей ёмкостные датчики измеряют изменение расстояния между стеклом экрана и уровнем подсветки. Объединяя сигналы датчика прикосновения и акселерометра, контроллер может быстро и точно отреагировать на силу давления пальца. Теперь все больше и больше смартфонов начинают использовать технологию 3Dтач. 3Dтач сенсорный экран станет новой тенденцией сенсорного экрана мобильного телефона [4], [5].

Список литературы

1. Bill Buxton's Notes, Bill Buxton, [Электронный ресурс]. URL: <https://www.microsoft.com/buxtoncollection/detail.aspx?id=40> (Дата обращения: 15.03.2018)
2. 2007 iPhone Presentation, Steve Jobs, [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Etyt4osHgX0> (Дата обращения: 15.03.2018)
3. Типы сенсорных экранов. Какой сенсорный экран лучше, [Электронный ресурс] // URL: <http://life.mosmetod.ru/index.php/item/typy-sensornyh-ekranov-kakoj-sensornyj-ekran-luchshe> (Дата обращения: 15.03.2018)
4. 3D Touch and Taptic Engine, Apple, [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WK0txAWUVHg> (Дата обращения: 15.03.2018)
5. 3D Touch, APPLE-IPHONE.RU, [Электронный ресурс] // URL: <https://www.apple-iphone.ru/tag/3d-touch/> (Дата обращения: 15.03.2018)

МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ INDOOR НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ SLAM

С.В. АЛЕШИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Simultaneous localization and mapping (SLAM) – это вычислительная задача в навигации, заключающаяся в определении собственного местоположения в незнакомой среде и одновременного построения карты этой среды. Существует множество систем indoor-навигации, решающих эту задачу, и в данной статье даётся краткое описание таких систем. Затем представляется их сравнительный анализ по ряду критериев, который может быть использован при выборе конкретной системы для решения определенной прикладной задачи навигации.

Ключевые слова: Мобильные роботы, Навигация, Локализация, Построение карты

Проблема indoor-навигации стоит во множестве сфер жизни: в медицине (для развоза лекарств пациентам в больницах), при спасательных операциях (для построения карт задымленных помещений, локализации завалов и составления маршрутов эвакуации), в маркетинге (для ненавязчивой целевой рекламы посетителям универмагов), в области охранных систем и много другого. Решение задачи SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) и использование автономных роботов помогают решить данную проблему. Но для снижения расходов, а также увеличения точности построения карт и эффективности выполнения поставленных целей, необходимо сделать оптимальный выбор - какую систему indoor-навигации следует применить в том или ином случае. Предложенный в данной статье сравнительный анализ имеющихся систем может быть использован в качестве подспорья для достижения этих целей.

В отличие от outdoor-навигации, которая в большинстве своем основана на GPS, подходы к решению проблемы indoor-навигации и используемые для этого технологии могут сильно различаться. Современные методы и реализации существующих indoor-систем позиционирования показывают относительную эффективность, из-за чего трудно выбрать единственную оптимальную технологию для решения данной проблемы (как GPS – для outdoor-навигации), или принять общий стандарт разработки подобного рода систем.

Следовательно, трудно определиться с тем, какая система позиционирования лучше, потому что зачастую данный выбор зависит от множества показателей: требуемой точности локализации, сложности реализации системы, стоимости создания инфраструктуры, требуемой области покрытия, масштабируемости, безопасности и многого другого. Цель данной статьи - дать сравнительный анализ существующих систем indoor-навигации для

мобильных роботов, который в дальнейшем может помочь в выборе используемой системы навигации для решения задачи SLAM.

В своей статье Hugh Durrant-Whyte и Tim Bailey сформулировали проблему SLAM следующим образом: SLAM - это процесс одновременного построения роботом карты окружающей среды и определения своего местоположения с помощью этой карты.

Следовательно, навигационный процесс можно условно разделить на несколько главных шагов:

- Получение информации с внешних и внутренних сенсоров робота
- Обновление части карты окружающей среды, данные о которой были получены
- Определение и оценка текущего положения робота на карте, нахождения географических меток, а также планирование дальнейшего маршрута

Движение робота согласно данным, полученным на шагах построения карты, вычисления местоположения и планирования маршрута

В данной статье внимание уделяется системам indoor-навигации (IPS - indoor positioning system), с помощью которых происходит процесс построения карты.

IPS - это система, которая помогает отслеживать положение объектов внутри помещений и зданий посредством использования технологий радио- и электромагнитных волн, оптических и акустических сигналов, магнитного поля земли, а также другой информации, которая может быть получена сенсорами мобильного робота.

Технологии, используемые в таких системах, можно подразделить на те, что не требуют какой-то заранее созданной беспроводной инфраструктуры (к примеру, wi-fi сети или радиопередатчики), и те, что не зависят от беспроводных технологий. Ниже представлена условная классификация

1. Технологии, не требующие беспроводной инфраструктуры

1.1. Инерциальные измерения (одометрия)

Одометрия - это использование данных о движении робота для оценки его перемещения. Такими данными могут быть скорость робота, угол поворота и количество полных оборотов колес, показания акселерометра или гироскопа. Полезно для определения абсолютного положения робота, но может послужить источником кумулятивной ошибки, что повлияет на точность построения карты.

1.2. Аллотетическая навигация

Подразумевает использование информации об окружающей среде, получаемой с сенсоров робота. Дает хорошую точность измерений, не требуя особой инфраструктуры помещений. Главный недостаток - несколько разных мест могут быть восприняты как одно и то же.

1.3. Системы, основанные на визуальных метках

Такие системы используют визуальные метки (к примеру, QR-код), расположенные в специальных местах по всей площади здания, причем каждая метка содержит информацию о своём местоположении.

1.4. Позиционирование, основанное на визуальных ориентирах

Набор качественных фотографий может быть использован для создания базы данных, описывающей заданное здание и используемой роботом для оценки своего местоположения с помощью камеры. Требуется больших затрат памяти, является вычислительно сложной задачей и имеет проблему с распознаванием похожих мест.

1.5. Позиционирование, основанное на аномалиях магнитного поля Земли

Системы локализации, основанные на данных, получаемых от магнитных сенсоров, позволяют добиться точности позиционирования порядка 1-2 метров с достоверностью в 90% без какого-либо дополнительного оснащения здания. Это становится возможным благодаря тому, что современные здания имеют практически уникальный магнитный ландшафт, создаваемый магнитным полем Земли, взаимодействующим с металлоконструкциями и другими материалами, лежащими в основе структуры здания.

2. Технологии, использующие беспроводную инфраструктуру

2.1. Wi-fi

Принцип действия основан на измерении интенсивности принимаемого от передатчика сигнала и триангуляции сигналов, получаемых сразу от нескольких источников. Точки доступа передают информацию о своих SSID и MAC-адресах, что позволяет однозначно их идентифицировать и на основании данных с множества источников построить карту окружающей среды. Точность позиционирования зависит от плотности покрытия Wi-fi сети и количества точек доступа. Источником ошибок является непостоянный уровень сигнала передатчиков и ориентация Wi-fi приёмника робота.

2.2. Bluetooth

Подход похож на Wi-fi-позиционирование с тем отличием, что в качестве источников сигнала используются Bluetooth-маячки, передающие лишь свой ID. Маячки имеют малый размер (сравнимы с монетой) и пониженное энергопотребление (благодаря Bluetooth 4.0).

2.3. RFID (Radio Frequency IDentification)

Система позиционирования, основанная на взаимодействии с радиочастотными метками. Состоит из таких компонент, как: RFID-метки, RFID-приёмники и сервер (которым может быть сам робот). RFID метки подразделяются на активные и пассивные.

Когда приемник оказывается в области действия RFID-метки, та посылает содержащую в себе информацию, после чего приёмник декодирует ее и обновляет данные создаваемой карты, а также своего местоположения. Точность позиционирования зависит от количества RFID-меток, их местоположения, а также мощности сигнала каждой метки и достигает 0.5-2 метров.

2.4. VLC (Visible Light Communication)

Данная технология представляет собой систему, в которой обмен данными происходит за счет передачи видимых световых волн в диапазоне 370-780нм.

Оптические датчики робота фиксируют угол приёма каждого из сигналов, а также разницу во времени приёма данных сигналов (TDOA), после чего на основе этих данных вычисляется расстояние до источников сигнала, а затем с помощью трилатерации (определения местоположения по данным от нескольких источников) производится оценка местоположения робота в окружающей среде.

2.5. Инфракрасное излучение

Эта технология основана на обмене сигналами в инфракрасном диапазоне световых волн (700нм - 1мм), и принцип ее работы схож с системами VLC.

Таблица 1 отображает результаты составленного сравнительного анализа вышеупомянутых технологий по таким критериям, как: точность позиционирования (а), требование к существованию беспроводной инфраструктуры (b), сложность создания требуемой инфраструктуры (с), возможность масштабирования системы (d) и существенные ограничения/недостатки использования системы (е).

Таблица 1

Система	a	b	c	d	e
Одометрия	"_"	нет	-	"+"	(1)
Аллотетическая навигация	"±"	нет	-	"+"	(2)
Визуальные метки	"+"	нет	-	"±"	-
Визуальные ориентиры	"_"	нет	-	"+"	(2)
Магнитные аномалии	"+"	нет	-	"+"	-
Wi-fi	"⊥"	да	"⊥"	"⊥"	(3)
Bluetooth	"±"	да	"+"	"±"	(3)
RFID	"+"	да	"±"	"±"	(3)
VLC	"+"	да	"+"	"±"	-
Инфракрасное излучение	"+"	да	"⊥"	"⊥"	-

Пояснения к таблице:

- (1) - служит источником кумулятивной ошибки позиционирования, и поэтому может применяться лишь вкупе с другими indoor-системами навигации для улучшения точности позиционирования.
- (2) - несколько разных мест могут быть восприняты как одно и то же, что повлечет за собой ошибку построения карты, а как следствие - локализации. Требуется применять вкупе с другими системами.
- (3) - радио- и электромагнитные волны могут повлиять на чувствительное оборудование (к примеру, на медицинские приборы или высокоточные приборы измерения), что сужает область применения данной технологии.

Вывод: по результатам сравнения наиболее перспективными системами являются те, что основаны на магнитных аномалиях, визуальных метках и VLC. Если в будущем будет решена проблема (3), RFID и Bluetooth могут составить им конкуренцию, хоть они и требуют определенной инфраструктуры.

В дальнейших работах планируется исследовать точность системы indoor-навигации, основанной на Bluetooth-маячках, использующей фильтр данных Калмана.

Список литературы

1. Hugh Durrant-Whyte, Tim Bailey. Simultaneous Localization and Mapping: Part I.
2. Manon Kok, Niklas Wahlström, Thomas Schön and Fredrik Gustafsson. MEMS-based inertial navigation based on a magnetic field map.
3. Ali Taheri Arvinder Singh Emmanuel Agu. Location Fingerprinting on Infrastructure 802.11 Wireless Local Area Networks (WLANs) using Locus.
4. John Leonard, Hugh Durrant-Whyte. Mobile Robot Localization by Tracking Geometric Beacons.

5. Kumar Yelamarthi, Central Michigan University. An Autonomous Passive RFID-Assisted Mobile Robot System for Indoor Positioning.
6. Xiaohan Liu, Hideo Makino, and Yoshinobu Maeda. Basic Study on Indoor Location Estimation using Visible Light Communication Platform
7. Fynn Schwiegelshohn, Philipp Wehner, Florian Werner, Diana Göhringer, Michael Hübner. Enabling Indoor Object Localization through Bluetooth Beacons on the RADIO Robot Platform

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «РОБОТ-ХУДОЖНИК»

Д.С. БОГАЧЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПБГЭТУ)*

Аннотация. В статье описывается процесс разработки развлекательного проекта с использованием промышленного робота для демонстрации возможностей роботов на различных мероприятиях

Ключевые слова: робот, opencv, компьютерное зрение

Согласно данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР), в 2015 году, в России, на 10 тысяч промышленных работников приходится один промышленный робот, что является крайне низким показателем, по сравнению со средним в мире (69).[1] Среднегодовые продажи роботов в России составляют четверть процента мирового рынка.

Одним из способов увеличить этот показатель является демонстрация возможностей промышленных роботов на различных выставках и мероприятиях, на которых производители и дистрибьюторы роботов стараются привлечь внимание при помощи рекламных проектов, которые хоть и несут развлекательный характер, но тем не менее позволяют потенциальным покупателям оценить возможности промышленных роботов.

Цель работы состоит в разработке развлекательного проекта «Робот-художник» на базе промышленного робота Kawasaki RS005L.

Для достижения поставленной цели был выбран язык программирования C# и opencvsharp – “враппер” свободно распространяемой библиотеки компьютерного зрения OpenCV (Open Computer Vision). Данный язык программирования был выбран исходя из возможности быстрого программирования интерфейса с использованием Windows Forms, а также наличия готовых модулей для работы с массивом строк и TCP/IP соединением.

Разработанная программа имеет графический интерфейс, состоящий из вкладок, каждая из которых соответствует определённому этапу работы программы. Результатом работы программы должно являться выполнение роботом программы, заключающейся в рисовании кистью стилизованного лица человека, представленного в виде контуров.

Первым этапом является получение изображения с камеры или уже имеющегося файла. При этом в реальном времени происходит определение границ лица методом Виолы-Джонса с использованием каскада Хаара.

Второй этап состоит в выделении лица в отдельное изображение и последующую его обработку.[2]

Над полученным изображением производятся следующие действия:

1. Сглаживание изображения при помощи билатерального фильтра, особенностью которого является устранение из изображения малоконтрастных деталей небольших

размеров, с сохранением, в то же время, четких световых границ, созданных большими перепадами яркости.

2. Применение к сглаженному изображению оператора Кэнни. Оператор Кэнни является оператором обнаружения границ изображения. Несмотря на то, что алгоритм был создан на заре развития компьютерного зрения, он всё ещё является одним из лучших детекторов границ.

3. Поиск контуров на изображении и их представление в виде вершин отрезков, составляющих контур. На данном этапе полученные контуры содержат множество точек, количество которых, исходя из допустимой точности, обусловленной использованием кисти, является избыточным.

4. Аппроксимация полученных контуров для значительного уменьшения количества точек, составляющих контур. После аппроксимации контур приобретает угловатость, которая остаётся незаметной глазу благодаря использованию кисти как инструмента рисования.

На третьем этапе происходит генерация кода программы для робота на языке AS, разработанном фирмой Kawasaki. Генератор кода использует данные о контурах, полученные на предыдущем шаге, для формирования команд линейного перемещения.

Основной используемой командой являются команда линейного перемещения LMOVE. [3] Данная команда может работать как с точками, заданными в абсолютной системе координат робота, так и в системе координат J1 – J6, где каждая из координат определяет угол поворота каждой оси робота относительно начального положения.

Последним этапом является соединение с роботом по протоколу TCP/IP, загрузка кода в память робота и передача команды на его исполнение. После того, как робот завершит работу, он вернётся в исходное положение, и программа будет ожидать очередного пользователя.

Список литературы

1. А. Конюховская, В. Цыпленикова, В. Недельский Промышленная робототехника в России и мире, Москва, январь 2017
2. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D и 3D изображений: учеб. Пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011 – 608 с.
3. E Series Controller Kawasaki Robot AS Language Reference Manual

СИСТЕМА ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ С СЕНСОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ОС ANDROID

А.Г. ДИК, Н.П. КОБЫЗЕВ, С.А. ГОЛУБЕВ, М.С. СИГАЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данный момент на рынке существуют большое количество дорогостоящих и узкоспециализированных моделей насосов-дозаторов, при этом отсутствует простое и дешевое устройство для конечного потребителя. В данной работе предлагается создание такого устройства на перистальтических насосах с системой управления на основе планшетного ПК с ОС Android. Разработанное устройство может использоваться в домашних условиях, в заведениях общественного питания: кафе, барах, ресторанах, в медицинских учреждениях.

Ключевые слова: перистальтические насосы, дозирование, насос-дозатор, лабораторный смеситель, сенсорное управление

Введение

В химической, нефтехимической, пищевой, косметической промышленности и при переработке полимеров, в современных био- и нанотехнологиях требуются устройства для точного дозирования жидкостей и их смешивания. Основным типом устройств для решения данной задачи являются промышленные и лабораторные насосы-дозаторы [1,2]. Помимо лабораторного и промышленного использования, подобные устройства находят применение в роботизированных полиграфических системах [3,4].

В данный момент существуют много моделей дозирующих устройств, которые различаются: степенью точности дозировки жидкости, количеством модулей разлива, системой управления, стоимостью, доступностью сервисов по обслуживанию и замене комплектующих деталей.

Одной из ключевых проблем является отсутствие на рынке бюджетных, доступных рядовому потребителю данного класса. В основном данные решения ориентированы на определенный класс фирм, в связи с этим они обладают рядом недостатков: высокая цена, ненужные конечному пользователю возможности, такие как наличие защищенного исполнения, повышенная химическая стойкость материалов, промышленные протоколы и отсутствие полезных возможностей, таких как управление через смартфон, по средствам Bluetooth соединения, наличие встроенного держателя для емкости, простое и интуитивно понятное сенсорное управление.

Целью работы было создание бытового дозирующего устройства на операционной системе Android для смешивания пищевых жидкостей. Данное устройство может использоваться в домашних условиях, в заведениях общественного питания: кафе, барах, ресторанах, в медицинских учреждениях.

Описание устройства

Разработанное устройство включает в себя: корпус из листового материала, который служит для размещения остальных компонентов устройства. В корпусе предусмотрена шесть ниш для установки ёмкостей жидкостями, шесть установочных мест для перистальтических насосов Kamoer KCS-B16SA3A, установочное место для планшетного ПК, а так же установочные места для электронных компонентов управления и электропитания. На рис. 1(а) приведен трехмерная модель устройства, а на рис. 1(б) показан вид готового устройства.

Система управления и электропитания состоит из следующих элементов:

- Планшетный ПК Asus ZenPad C Z170CG-1C016A, на основе ОС Android. На планшетном ПК установлена разработанная в рамках проекта программа, управляющая насосами.

- Bluetooth-модуль HC-06 для Arduino
- Контроллер Arduino Mega
- Блок драйверов шаговых двигателей на основе 6 шт. Pololu a4988
- Блок управления охлаждающим вентилятором на основе микросхемы L293D
- Блок питания 5 V 3000 mA для питания планшетного ПК, с USB-кабелем
- Блок питания Arduino 5 V 1A бескорпусной
- Блок питания 24 V 300 W для шаговых двигателей
- Кулер 12 V

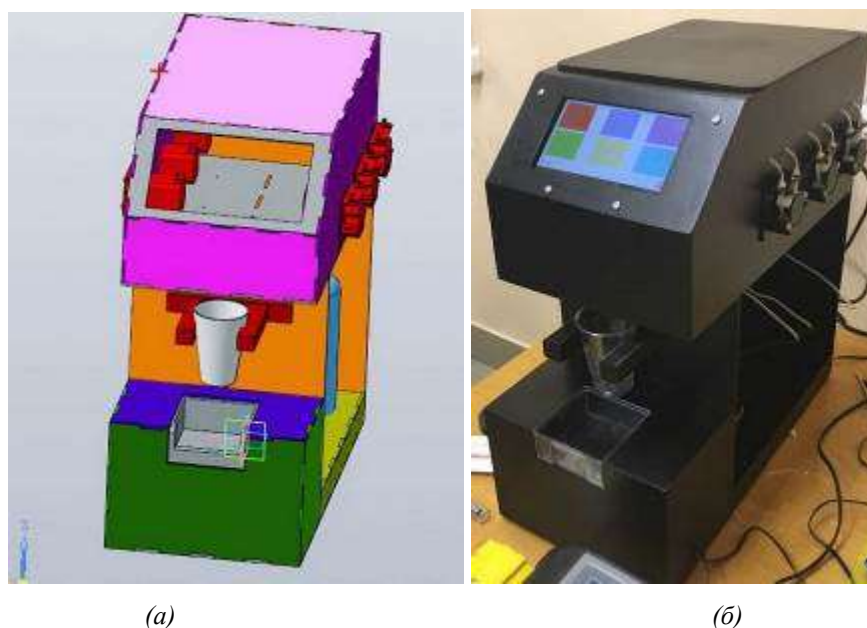


Рис. 1. (а): Трехмерная модель устройства, (б): Готовый прототип устройства.

В рамках проекта были разработаны и напечатаны на 3D-принтере элементы крепления планшетного ПК к панели и держатель стакана. В перспективе планируется дополнить устройство светодиодной подсветкой держателя стакана и ниш для жидкостей.

Заключение

В рамках проекта было разработано бытовое дозирующее устройство на операционной системе Android для смешивания пищевых жидкостей. Данное устройство предназначено для использования в домашних условиях, в заведениях общественного питания: кафе, барах, ресторанах, в медицинских учреждениях. Устройство участвовало в выставке «Будущее сильной России — в высоких технологиях» 28 февраля – 02 марта 2018 г. в Санкт-Петербурге.

Работа была выполнена в Молодежном НИИ СПбГЭТУ «ЛЭТИ» при участии УНЛ ПРОЛАБ СДИО-ФИБС.

Список литературы

1. Насосы-дозаторы, дозирующие насосы // Сайт компании «ВиП Технолоджи». URL: <http://vipt.ru/p12/t5/index.html> (дата обращения: 5.03.2018).
2. Перистальтические, шестеренчатые и шприцевые насосы // Сайт компании «Вилитек». URL: <http://vilitek.ru/products/peristalticheskie-shesterenchatye-i-shpritsevyie-nasosy/> (дата обращения: 5.03.2018).
3. Каримов А.И., Островский В.Ю., Бутусов Д.Н. Теоретические и практические аспекты машинной живописи // Программные системы и вычислительные методы. М.: НБ-Медиа. с.403-414, 2016.
4. Karimov, A. I., Pesterev, D. O., Ostrovskii, V. Y., Butusov, D. N., & Kopets, E. E. Brushstroke rendering algorithm for a painting robot. Proc. of " Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies"(IT&QM&IS), 2017 International Conference (pp. 331-334). IEEE, 2017.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИВОДЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р.С. Жучков

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Целью данной работы является разработка математической модели привода постоянного тока. В рамках данной работы проведена идентификация параметров электропривода постоянного тока и усилителя мощности, создана компьютерная модель данной системы. Идентификация и верификация параметров проводилась при помощи микроконтроллера dsPIC33f и среды Matlab Simulink.

Ключевые слова: идентификация параметров; двигатель постоянного тока; усилитель мощности; модель в Matlab/Simulink

В качестве объекта исследования в данной работе рассматривается система, состоящая из электропривода постоянного тока и платы силового преобразователя на базе микросхемы L9110. Электропривод представляет собой двигатель постоянного тока с редуктором и магнитным энкодером, расположенные в едином корпусе.

Для определения параметров электропривода была разработана плата, электрическая схема которой представлена на рис. 1.

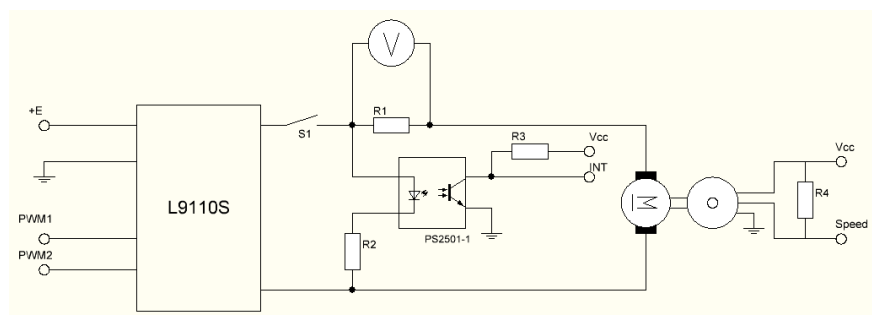


Рис. 1. Электрическая схема прототипа платы для определения параметров электропривода.

Математическое описание электропривода представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка и имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{I}_я = \frac{1}{L_я} (U - R_я I_я - C_э \omega) \\ \dot{\omega} = \frac{1}{J} (C_m I_я - M_c \text{sign}(\omega) - k\omega), \end{cases}$$

где $I_я$ – ток якоря; $L_я$ – индуктивность обмотки якоря; U – напряжение питания якоря; $R_я$ – сопротивление якоря; $C_э$, C_m – конструктивные коэффициенты; ω – угловая скорость вращения вала редуктора; J – момент инерции двигателя и редуктора; M_c – момент сухого трения; k – коэффициент вязкого трения.

Для определения $L_я$ и $R_я$ были определены прямыми измерениями. Конструктивные коэффициенты, момент сухого трения и коэффициент вязкого трения были идентифицированы по уравнениям двигателя. Момент инерции найден при помощи оптимизации в среде MATLAB.

Величина тока в цепи якоря была определена при помощи токового монитора на базе микросхемы AD8210. На вход данной микросхемы подаётся напряжение, падающее на резисторе R1 (рис. 1.). Выходом токового монитора является сигнал прямо пропорциональный входному напряжению. Дальнейшие математические преобразования позволяют вычислить ток, протекающий по цепи якоря.

Скорость вращения вала двигателя определяется при помощи одноканального магнитного энкодера на базе датчика холла. Микроконтроллер вычисляет частоту получаемых импульсов от датчика, а по известным характеристикам магнитного диска и редуктора определяет угловую скорость вращения вала.

На основе полученных данных была построена модель в пакете моделирования «Simulink». Верификация параметров проводилась по току якоря в режиме короткого замыкания. Графики переходных процессов по скорости в модели и в реальном объекте представлены на рис. 2.

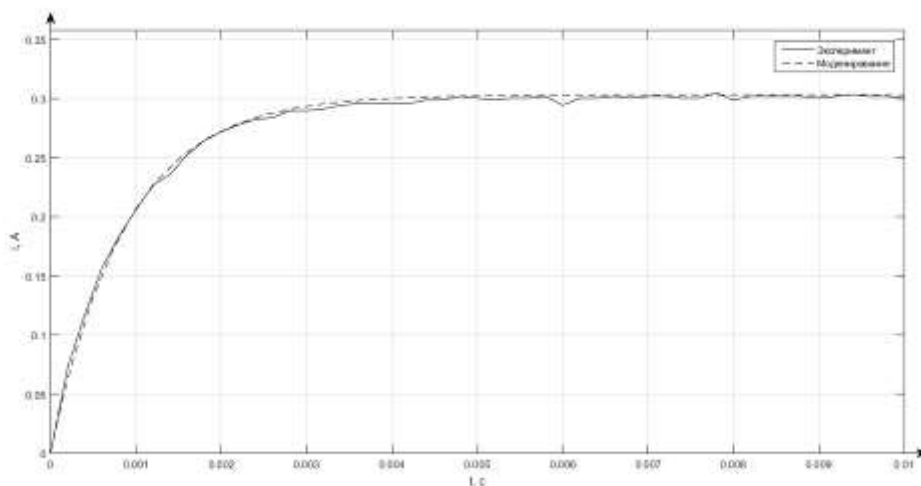


Рис. 2. Графики переходных процессов по скорости.

Усилитель мощности позволяет изменять скорость и направление вращения двигателя. Для определения влияние силового преобразователя на цепь электропривода была определена зависимость падения напряжения на усилителе мощности от потребляемого тока. Результаты сравнения полученной модели и реального преобразователя при номинальном входном напряжении представлены на рис. 3.

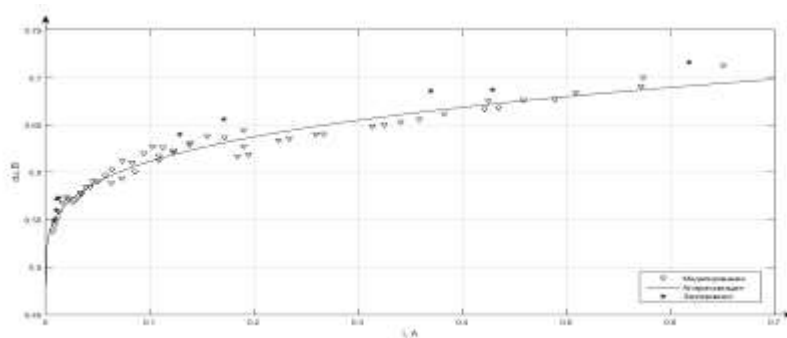


Рис. 3. Зависимость падения напряжения на усилителе мощности от тока в цепи якоря.

В результате идентификации параметров двигателя постоянного тока и усилителя мощности была получена математическая модель исследуемой системы со средней ошибкой моделирования не превышающей 3%.

Полученные результаты будут использоваться при разработке трёхконтурной системы управления электроприводом для позиционирования рабочего звена манипулятора и для изучения влияния внешних воздействий на работу системы.

Список литературы

1. Н.Ф. Карнаухов, Электромеханические и мехатронные системы. – Ростов н/Д: Феникс, 2006.
2. В.М. Терехов, О. И. Осипов, Системы управления электроприводов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008.

УПРАВЛЕНИЕ МНОГОКООРДИНАТНЫМ ПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ КАЛИБРОВКИ ТОКОВ

С.Е. КАРПОВИЧ, В.В. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Для повышения качества движения, реализуемого многокоординатным приводом на линейных шаговых двигателях, предложен алгоритм замкнутого управления на основе калибровки токов фаз. В результате достигается снижение пульсации тягового усилия и существенное уменьшение погрешностей позиционных и контурных перемещений.

Ключевые слова: система управления, линейный шаговый двигатель, калибровка токов, точность, погрешность позиционирования.

Введение

Повышение качества реализации программируемых движений в линейном шаговом электроприводе, используемом в точных технологических установках, в частности, в установках зондового контроля, разделения пластин на кристаллы, монтажа кристаллов и присоединения проволочных выводов и других является важной задачей при смене поколений оборудования, которая, например, в электронном машиностроении происходит каждый 3...5 лет. В качестве электромеханического преобразователя в таких установках наиболее широко применяется двигатель индукторного типа с возбуждением от постоянных магнитов, так называемый гибридный линейный шаговый двигатель (ЛШД).

Управление движением подвижного элемента ЛШД при двухфазном построении электромагнитного модуля движения осуществляется синусоидальными токами i_1 и i_2 , формируемыми по формулам [1]

$$\begin{aligned} i_1 &= I_m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \cos(\gamma_i); \\ i_2 &= I_m \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \sin(\gamma_i), \end{aligned} \quad (1)$$

где I_m – амплитуда вектора тока; θ – электрическая координата двигателя; $\gamma_i = \theta + \frac{\pi}{2}$ – угол вектора тока.

Алгоритм управления движением (1) обеспечивает максимально возможное постоянное усилие только в идеальном двигателе с синусоидальной индукцией в зазоре и в зоне малых и средних скоростей, где сохраняются свойства инвертора тока. Такой

алгоритм при использовании для управления ЛШД не дает постоянства усилия из-за влияния насыщения и усилия фиксации.

Пульсации усилия могут быть устранены калибровкой или добавлением к амплитуде I_m тока коррекции, который должен зависеть как от заданного усилия T_r , так и от текущего положения. Для этого необходимо реализовывать программируемые движения по замкнутой схеме управления [2].

Управление ЛШД на основе калибровки токов

Построение замкнутой системы управления помимо реализации канала обратной связи ставит другие задачи теории, к которым относятся прежде всего задачи синтеза и реализация алгоритма управления (регулятора), назначение которого состоит в определении управляющего сигнала, подаваемого на усилитель мощности, на основании текущего значения ошибки позиционирования.

$$\varepsilon(t) = x_3(t) - x_d(t), \quad (2)$$

где $x_3(t)$ – заданное значение позиции; $x_d(t)$ – значение позиции, поступающее с датчиков обратной связи.

Для повышения точности позиционирования и устранения пульсаций тягового усилия предложено ввести в управляющие токи фаз корректирующую составляющую $I_{cor}(T_r, \theta)$, которая зависит от заданного усилия T_r и от положения θ . В результате токи управления должны иметь переменную амплитуду $I_{mcor}(T_r, \theta)$:

$$\begin{aligned} i_1 &= I_{mcor} \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = (I_m(T_r) + I_{cor}(T_r, \theta)) \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right); \\ i_2 &= I_{mcor} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = (I_m(T_r) + I_{cor}(T_r, \theta)) \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right), \end{aligned} \quad (3)$$

а не постоянную амплитуду, как у синусоидальных токов.

При известных зависимостях усилий фаз от токов и положения калибровку, т.е. вычисление амплитуды $I_{mcor}(T_r, \theta) = I_m(T_r) + I_{cor}(T_r, \theta)$ тока в функции T_r и θ можно произвести методом итераций. Для этого необходимо:

– задать требуемое усилие двигателя $T_r = \text{const}$;

– для T_r задать значения θ от нуля до 2π , а для каждого значения θ методом итерации подобрать необходимое значение I_{mcor} , чтобы выполнялось условие постоянства усилия

$$|T_r - T| < T_\varepsilon,$$

где $T = T_1(I_{mcor}, \theta) + T_2(I_{mcor}, \theta)$; T_ε – предел итераций.

Полученное среднее на периоде 2π значение I_{mcor} – это амплитуда $I_m(T_r)$ тока с учетом насыщения двигателя, а переменное на периоде 2π значение I_{mcor} – это корректирующий ток $I_{mcor}(T_r, \theta)$.

Структурная схема, реализующая управление ЛШД калиброванными токами по (3), показана на рис. 1.

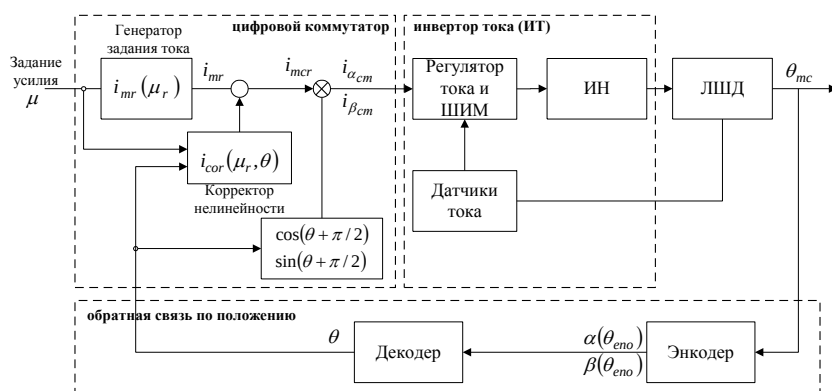


Рис. 1. Структурная схема управления ЛШД на основе калибровки токов фаз

Схема управления включает в себя инвертор тока (ИТ), обратную связь по положению, цифровой коммутатор. На рис. 1 использована относительная форма записи переменных, часто используемая в теории синхронного электропривода, удобная также при описании цифровых алгоритмов управления:

$$i_{\alpha,\beta} = \frac{I_{1,2}}{I_{base}} = \frac{I_{1,2}}{I_{mn}} \quad \text{— относительный ток фазы в долях номинальной амплитуды } I_{mn};$$

$$u_{\alpha,\beta} = \frac{U_{1,2}}{U_{base}} = \frac{U_{1,2}}{I_{mn} R_{base}} \quad \text{— относительное напряжение питания фаз в долях напряжения короткого замыкания фазы с сопротивлением } R=R_{base};$$

$$\mu = \frac{T}{T_{base}} = \frac{T}{T_{mem}} \quad \text{— относительное усилие в долях амплитуды } T_{mem} \text{ ненасыщенного магнитоэлектрического усилия двигателя};$$

$$j = \frac{m}{m_{base}} = 1 \quad \text{— относительная инерционная нагрузка в долях массы};$$

$$\tau = \frac{t}{t_{base}} = t / \sqrt{\frac{1}{Z_r} \cdot \frac{m_{base}}{T_{base}}} \quad \text{— относительное время в долях периода собственных недемпфированных колебаний привода с ЛШД}.$$

Инвертор тока содержит в каждой фазе инвертор напряжения (ИН), датчик тока и регулятор тока (РТ) с широтно-импульсным модулятором (ШИМ). Инвертор тока формирует напряжения питания фаз двигателя для получения токов фаз в соответствии с заданиями $i_{\alpha cr}$ и $i_{\beta cr}$. Обратные связи по токам обеспечиваются датчиками токов.

Реализация обратной связи по положению

Обратная связь по положению содержит энкодер (датчик положения) и декодер сигналов датчика в цифровой вид. Декодер вычисляет электрическую координату θ по сигналам энкодера $a(\theta_{enc})$ и $b(\theta_{enc})$.

Цифровой коммутатор содержит генератор задания тока, корректор нелинейности двигателя и синусно-косинусную таблицу.

Генератор задания тока выполняется в виде таблицы амплитуды тока $i_{mr}(\mu_r)$. Величина $i_{mr}(\mu_r)$ — это среднее по θ значение относительной амплитуды тока,

соответствующей заданной величине μ_r . Корректор нелинейности – также таблица $i_{cor}(\mu_r, \theta)$, но переменной по θ части периодической функции, соответствующей заданной величине μ_r . После суммирования сигналы $i_{mr}(\mu_r)$ и $i_{cor}(\mu_r, \theta)$ умножаются на выходные сигналы синусно-косинусной таблицы и поступают в виде задания токов $i_{\alpha cr}$ и $i_{\beta cr}$ на вход инвертора тока.

Существенно нелинейная природа элементов ЛШД обусловила следующие особенности системы управления. Измеряется только одна механическая координата – положение, остальные составляющие вектора состояния вычисляются наблюдателем ошибки состояния, наблюдатель при этом исключает прямое дифференцирование, снижает шум квантования и помехи, ухудшающие качество регулирования. Обратная связь по положению реализована аналоговым инкрементальным датчиком положения (энкодером) с последующей программной интерполяцией. Коррекция систематических ошибок энкодера (смещение нуля сигналов, отношение амплитуд сигналов и разность фаз сигналов) проводится программно, а задания переменных состояния формируются генератором траектории, что уменьшает ошибки по каналу задания.

ЛШД при управлении калиброванными токами с наблюдателем ошибки и регулятором состояния при сканировании со скоростью 5 мм/с показал колебания скорости на порядок меньшие, чем в некалиброванном вентильном режиме с синусоидальными токами (рис. 2).

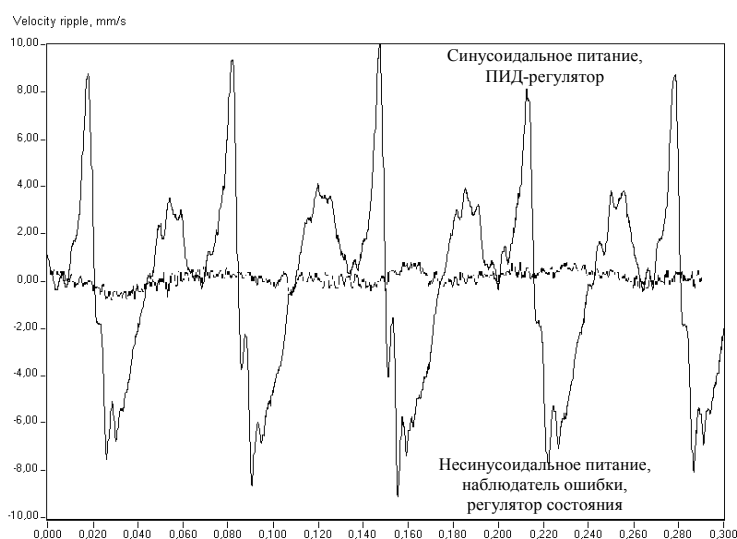


Рис. 2. Графики колебания скорости для двух режимов управления

Отклонения от заданной траектории при сканировании со скоростью 5 мм/с не превысили ± 2 мкм. Погрешность позиционирования зафиксирована не хуже ± 1 мкм. Максимальная скорость без управления с ослаблением потока составила 1,5 м/с, а максимальное ускорение – 6 g.

Достигнутое качество движения позволяет использовать такую схему управления ЛШД на основе калиброванных токов для высокоточных контурных приводов (например, для оборудования лазерных технологий), а также в прецизионном сборочном оборудовании.

Список литературы

1. Карпович, С.Е. Системы многокоординатных перемещений на механизмах параллельной кинематики : монография / С.Е. Карпович [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2017. – 254 с.
2. Жарский, В.В. Измерительная система для реализации обратных связей в координатных позиционерах на линейных шаговых двигателях / В.В. Жарский // Вестник БНТУ. – 2009. – № 6. – С. 66 – 70.

КЛАССИФИКАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ SLAM ДЛЯ ГРУПП РОБОТОВ

М.Е. Кузьмин

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В настоящее время перспективным направлением становится применение групп мобильных роботов в различных задачах. Одним из главных элементов их успешного функционирования является наличие эффективного алгоритма SLAM. Разработка такого алгоритма должна основываться на теоретическом исследовании предметной области. В рамках работы составлена классификация методов SLAM для групп роботов по выделенным значимым параметрам. Выбраны наиболее перспективные для реализации алгоритмы.

Ключевые слова: мобильные роботы, SLAM, робототехника, навигация, построение карт, фильтр частиц, scan-matching, сеточные карты, граф передвижений, децентрализованные системы

Введение

Проблему одновременной локализации и построения карты можно определить, как проблему пошаговой и непрерывной оценки и уточнения карты окружающего пространства на основе данных, получаемых с подвижного робота, и в то же время, определение положения этого робота на карте. Наличие эффективного и точного алгоритма SLAM является важным критерием для навигации и других высокоуровневых задач [2]. В данном контексте рассматриваются любые роботизированные платформы, перемещающиеся по плоской поверхности и снабженные собственным вычислительным устройством и сенсорами, позволяющими получать информацию из внешнего мира – лазерным дальномером (LIDAR), видеокамерой, камерой глубины, одометром и др.

Уже сейчас существует множество алгоритмов, решающих задачу SLAM для одиночного робота. Однако, ввиду расширения сферы применения роботов, стремительного развития технических средств и эволюции программного обеспечения, изучение данного вопроса становится все более актуальным применительно к группам мобильных роботов [9].

Как показывает практика, на данный момент отсутствует общепризнанный, достаточно надежный, проверенный алгоритм навигации для групп роботов. В то же время, ввиду заинтересованности научного сообщества данной темой, постоянно появляются новые разработки. Большая часть попыток решения проблемы SLAM не находит широкого распространения, поскольку зачастую авторы либо не раскрывают подробности реализации и исходные коды, либо потому что эти алгоритмы сами по себе недостаточно проработаны. Эти трудности, наряду с разобщенностью групп исследователей, отсутствием единой формализованной теоретической и программной базы, существенно замедляет прогресс [3].

Принципы работы методов SLAM

Минимальными требованиями к роботу при решении задачи SLAM является мобильность и наличие хотя бы одного устройства, способного получать информацию об окружающей среде. Общую схему SLAM для одиночного робота можно представить в три этапа [1], каждый из которых описывается в вероятностных терминах [2]:

1. Робот под воздействием сигнала управления передвигается в новые координаты. При этом ввиду наличия шумов данных с сенсора движения, пробуксовки колес и ошибок округления повышается неопределенность его положения. Данный процесс описывается моделью движения, которая зависит от типа одометра, типа платформы и способа передвижения робота и представляется нелинейной функцией:

$$s_t = f(s_{t-1}, u_t) + N(0, \Lambda_u)$$

Данная запись означает, что новое положение робота s_t зависит от предыдущего положения s_{t-1} , сигнала управления u_t и Гауссова шума N с заданным математическим ожиданием и дисперсией.

2. Робот получает новые данные об окружающей среде. Данный этап описывается обратной моделью наблюдений, которая зависит от характеристик сенсора, а также алгоритмом выявления и определения ориентиров по данным с сенсора и выражается функцией:

$$z_{t,i} = h(s_t, \theta_{c_{t,i}}) + N(0, \Lambda_z)$$

Другими словами, измерение $z_{t,i}$ с сенсора зависит от положения робота s_t , положения ориентиров $\theta_{c_{t,i}}$ (где $c_{t,i}$ - ориентир с номером i на шаге t) и Гауссова шума N .

3. Робот уточняет свое положение и карту местности. Этот этап является ключевым и существенно зависит от конкретного лежащего в основе алгоритма интеграции данных с сенсора в карту и отсеивания шумов. В общем виде, оценку карты и положения отдельного робота можно представить рекурсивным выражением:

$$p(s_t, m | z_{1:t}, u_{1:t}) = p(z_t | s_t, m) \int p(s_t | s_{t-1}, u_t) p(s_{t-1}, m | z_{1:t-1}, u_{1:t-1}) ds_{t-1}$$

Где $m = \sum_{i=0}^n c_i$ – карта, представленная набором ориентиров на местности или ячеек. Иными словами, приближенное решение проблемы SLAM в каждый дискретный момент времени может быть получено на основе новых данных с сенсора, сигнала управления и оценки, полученной в предыдущий момент времени.

Методы SLAM для групп роботов являются, по сути, модификациями таковых для одиночного робота. Эти модификации нацелены на решение ряда возникающих в новом контексте вопросов [3]. Вероятностное выражение задачи для групп роботов принимает следующий вид [9]:

$$p(s_t^{1:k}, m | z_{1:t}^{1:k}, u_{1:t}^{1:k}) = \prod_{i=1}^k p(z_t^i | s_t^i, m) \int p(s_t^i | s_{t-1}^i, u_t^i) p(s_{t-1}^i, m | z_{1:t-1}^{1:k}, u_{1:t-1}^{1:k}) ds_{t-1}^i$$

Где k – количество роботов в группе. Таким образом, оценка общей карты и положений всех роботов группы в каждый момент времени могут быть получены на основе новых данных с сенсоров каждого робота и аналогичной оценки с предыдущей итерации.

Классификация и сравнение методов SLAM

Несмотря на разнообразие существующих алгоритмов, все они базируются на нескольких типовых механизмах с различными модификациями и адаптациями, что позволяет разбить их на классы.

I. Условно все методы можно разделить на две противоположные с точки зрения архитектуры программного обеспечения группы – front-end и back-end.

1. Back-end методы выполняют построение карты и локализацию по всей совокупности данных, полученных как по модели движения робота, так и по модели прямых наблюдений. Это помогает успешно справляться с данными плохого качества и восстанавливаться после серьезных ошибок в оценке положения и карты. Среди них:

а. Фильтрующие методы. Базируются на вероятностном аппарате расширенного фильтра Калмана (EKF) [5], Информационного фильтра (SEIF) [7] или фильтра частиц Рао-Блэквелла [6]. Как показывает практика, EKF устарел. В то же время фильтр частиц широко распространен, что обусловлено хорошей точностью оценки и устойчивостью.

б. Методы оптимизации графов передвижения [8]. Обрабатывают и хранят в виде вершин графа все данные, собранные в процессе движения робота. Благодаря этому они показывают самую высокую точность и, в отличие от других классов методов, позволяют получить оценку всего пути движения.

с. Методы, основанные на машинном обучении и нейронных сетях [12]. Их главным недостатком и преимуществом является необходимость предварительного обучения.

2. Front-end методы. Нацелены, в первую очередь, на обработку данных, получаемых по модели наблюдений. Используются при наличии высокоточных сенсоров. Среди них:

а. Методы, использующие в качестве входных данных последовательности сканов с лазерного дальномера (LIDAR) или аналогичного устройства (Kinect). Это, в основном, алгоритмы соотнесения сканов scan-matching (ICP, IDC) [11].

б. Методы, использующие последовательности изображений с камеры для выделения на них ориентиров на местности и последующего сопоставления облаков особенностей. Используются такие алгоритмы, как SURF, SIFT [9][10].

II. Кроме того, все методы можно разделить на группы в зависимости от времени выполнения – онлайн или офлайн [2].

Офлайн методы (т.е. полный SLAM) выполняются на заранее собранном наборе данных и в основном выполняют построение траектории движения робота и карты уже после завершения активной фазы деятельности робота [11]. Их главный плюс – возможность построения очень точной карты ввиду отсутствия ограничений по времени и вычислительным ресурсам.

Онлайн методы работают параллельно передвижению робота и сбору данных. Они применимы в случаях, когда основное требование к роботу – автономность и возможность самостоятельно принимать решения.

III. Другим важным критерием классификации является внутреннее представление карты, которое напрямую связано с типом используемого сенсора:

Карта представлена сеткой, каждая ячейка которой хранит вероятность нахождения в данном месте пространства препятствия [6][8][11][12]. Такое представление используется для роботов, оборудованных лазерным дальномером.

Карта представлена набором ориентиров на местности – маркеров специальной формы, углов объектов, уникальных текстур [5]. Маркеры извлекаются из изображений, получаемых с сенсора-камеры на основе алгоритмов компьютерного зрения.

Карта представлена в виде графа перемещений робота [8][11], где ребра – вектора перемещений, вершины – наблюдения с сенсора из данных точек.

Следующие критерии классификации свойственны только групповым методам SLAM и, как правило, характеризуют взаимодействие между роботами.

IV. Классификация методов в зависимости от топологии связей между роботами [3].

В централизованной сети ключевую роль играет центральный узел, который берет на себя основные вычисления алгоритма SLAM, а роботы играют роль мобильных сенсоров, которые только считывают информацию об окружающем пространстве и передают ее центральному узлу [4]. Такая схема проста в реализации, позволяет наладить лучшую координацию между роботами, а также менее требовательна к ресурсам роботов-сенсоров.

Децентрализованная схема означает, что каждый робот полностью автономен и строит в процессе движения свой собственный экземпляр карты и по возможности обменивается ею с другими. Такая схема позволяет строить большие карты большими группами роботов, при этом достигается высокая стойкость к шумам и параллельное выполнение задач.

V. Классификация в зависимости от канала обмена данными.

Наиболее популярный и эффективный, прямой обмен данными, означает, что роботы устанавливают связи друг с другом непосредственно между собственными устройствами передачи и приема.

Обмен данными через косвенные каналы связи происходит в том случае, если алгоритм передает все данные через центральный сервер [4], либо через буферы, роль которых могут играть специальные передающие маячки, предварительно размещенные на местности.

VI. Классификация в зависимости от типа данных, которыми обмениваются роботы.

При обмене сырыми данными удастся выполнить более точную оценку карты, однако нагрузка на канал передачи возрастает [6][8].

Передача частей локальной карты, напротив, менее требовательна к ресурсам, поскольку не требуется хранить и передавать сырые лазерные сканы или облака точек [5][10][12].

Заключение

В рамках данного исследования изучены принципы работы существующих методов SLAM для групп роботов. Составлена классификация методов по ключевым параметрам. Выбраны наиболее перспективные методы. Так, наилучшие результаты показывают методы с децентрализованной топологией связей, в которых карта представлена сеткой и/или графом перемещения роботов. В их основе лежат различные вариации и комбинации таких механизмов оценки карты как фильтр частиц Рао-Блэквелла, алгоритмы оптимизации графа движения роботов, алгоритмы сопоставления сканов (scan-matching). Результаты работы будут использованы при последующей реализации выбранных методов SLAM и их экспериментальном сравнении.

Список литературы

1. J. Sola, “Simultaneous localization and mapping with the extended Kalman filter”, 2014.
2. Y. Chen, “Algorithms for Simultaneous Localization and Mapping”, 2013.

3. R.P.P. Rocha, “Building Volumetric Maps with Cooperative Mobile Robots and Useful Information Sharing - A Distributed Control Approach based on Entropy”, 2006, гл. 1.
4. E. Howe, J. Novosad, “Extending SLAM to Multiple Robots”, 2005.
5. X.S. Zhou, S.I. Roumeliotis, “Multi-robot SLAM with Unknown Initial Correspondence: The robot rendezvous case”, материалы конф. IROS, Окт. 2006, сс. 1785-1792.
6. L. Carlone, M. K. Ng, J. Du, B. Bona, M. Indri, “Rao-Blackwellized Particle Filters Multi Robot SLAM with Unknown Initial Correspondences and Limited Communication”, материалы конф. ICRA, Май 2010, сс. 243-249.
7. Thrun, Y. Liu, “Multi-Robot SLAM with Sparse Extended Information Filers”, International Journal of Robotics Research, том 23, Авг. 2004, сс. 693-716.
8. M.T. Lazaro, L.M. Paz, P. Pinies, J.A. Castellanos, G. Grisetti, “Multi-Robot SLAM using Condensed Measurements”, материалы конф. IROS, Ноя. 2013, сс. 1069-1076.
9. A. Gil, O. Reinoso, M. Ballesta, M. Julia, “Multi-robot visual SLAM using a Rao-Blackwellized Particle Filter”, Robotics and Autonomous Systems, том 58, Янв. 2010, сс. 68-80.
10. R. Martinez-Cantin, J. A. Castellanos, N. Freitas, “Multi-Robot Marginal-SLAM”, материалы конф. IJCAI, 2007.
11. V. Indelman, E. Nelson, N. Michael, F. Dellaert, “Multi-Robot Pose Graph Localization and Data Association from Unknown Initial Relative Poses via Expectation Maximization”, материалы конф. ICRA, Май 2014, сс. 593-600.
12. S. Saeedi, L. Paull, M. Trentini, H. Li, “A Neural Network-based Multiple Robot Simultaneous Localization and Mapping”, IEEE Transactions on Neural Networks, том 22, Дек. 2011, сс. 2376-2387.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАПОЛНЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ В 3-D ПЕЧАТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПЕЧАТИ

С.А. ПАНИЧЕВ, П.С. ФОНОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Данная работа знакомит с исследованием в области 3-d печати. Тема актуальная на сегодняшний день и широко применяется в различных сферах. В исследовании показаны качественные отличия конечного изделия при различных условиях печати. Затронута тема использования данного метода в промышленных масштабах и выбор оптимального режима работы.

Ключевые слова: качественные отличия изделий при 3-d печати, скорость подачи пластика, температура экструдера, условия охлаждения.

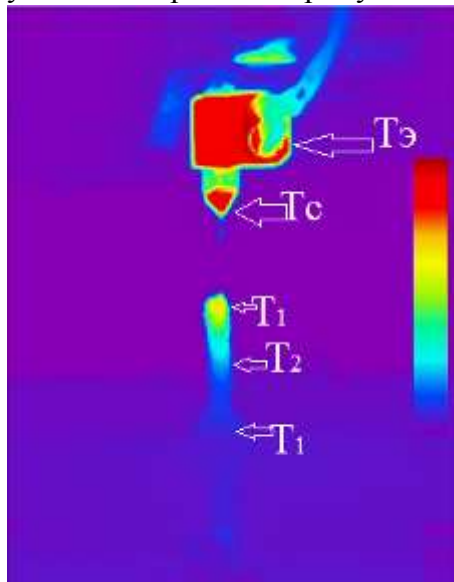
В настоящее время печать на 3D-принтере используется не только для производственных процессов различных промышленных предприятий, но и для создания вспомогательных элементов в научно-исследовательских центрах и лабораториях. Важно получать точные копии образцов, максимально приближенные к модели. Для этого необходимо исследовать технологические особенности печати, чтобы выработать наилучшие условия и использовать их.

В работе измерялось качество печати в зависимости от скорости печати и скорости остывания предыдущих слоев. Проведённые измерения занесены в таблицу.

Таблица 1

№	Качество печати	Скорость печати	Время остывания до 40 °С	Замечание
1	Высокое	Быстрая	71 сек	1 болт
2	Высокое	Низкое	55 сек	1 болт
3	Высокое	Быстрая	76 сек	Увеличение длины болта
4	Высокое	Быстрая	55 сек	4 болта одновременно

Для того чтобы количественно судить о результатах экспериментов, необходимо рассмотреть распределение температуры в слоях создаваемого изделия, ведь качество усадки материала напрямую зависит от градиента температур.



Температуры:

$T_{\text{э}}$ - температура экструдера

$T_{\text{с}}$ - температура сопла

T_1 - температура верхнего слоя

T_2 - температура 4 слоя от верхнего слоя

T_3 - температура 1 слоя

Рис.1 Распределение температуры на исследуемом образце

В таблице представлены температуры для всех четырех экспериментов.

Таблица 2

№	$T_{\text{э}}$	$T_{\text{с}}$	T_1	T_2	T_3
1	264	242	213	146	62
2	264	242	155	102	61
3	262	239	227	167	63
4	267	245	168	111	58

На рисунке представлено распределение температур в четырех экспериментах графически.

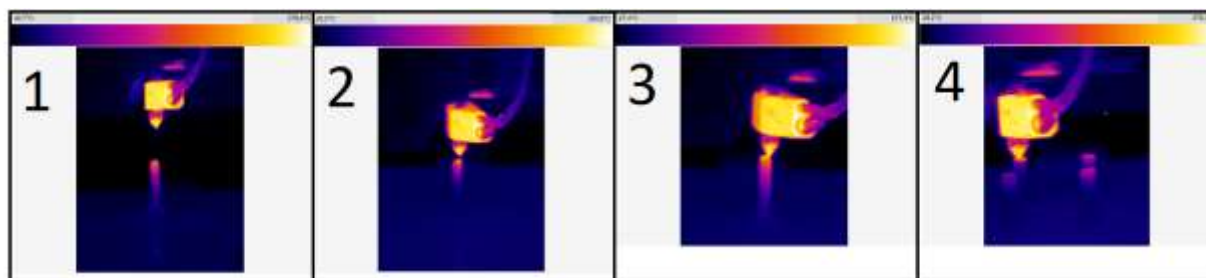


Рис.2 Различия распределения температур

Чем медленнее скорость печати, тем меньше время остывания, так как предыдущий напечатанный слой успевает немного охладиться, прежде чем будет накладываться верхний слой, и это увеличивает адгезию. Чем больше слоев, тем менее качественной будет деталь, так как верхние слои давят на нижние и деформируют еще не застывшую структуру. Наилучший результат достигается, когда после каждого напечатанного слоя есть время затвердеть ему и такое количество слоев невелико.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Н.П.СОРОКИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данном докладе представлена реализация макета лабораторного стенда, выполняющего позиционирование сферического объекта на наклонной плоскости. Плоскость изменяет свое положение с помощью двух исполнительных механизмов - сервоприводов. Разработанная система управления на основе ПИД-регулятора, удерживает сферический объект в желаемом положении. Система управления реализована пакетом Matlab/Simulink.

Ключевые слова: система управления; позиционирование сферическим объектом на плоскости; ПИД-регулятор; модель в Matlab/Simulink

Управление положением сферического объекта на подвижной плоскости является сложной задачей в области теории управления нелинейными системами. Система шар и плоскость является широко распространенным лабораторным стендом для изучения систем управления. Наибольшую популярность находит в учебных целях. Основным преимуществом такой системы является довольно простое понимание. Особенную практическую ценность имеет при обучении построения классических систем управления.

При идентичных конструкциях [1,2], разработчики используют различные методы построения систем управления и типов регуляторов. Особенно важной характеристикой является, это наличие обратной связи. В противном случае система будет неустойчива.

Исходя из вышесказанного, была разработана конструкция, аппаратная часть и система управления стенда, а в последствии и реализован лабораторный стенд, перемещение шара на котором осуществляется только вдоль двух осей. Шар свободно перемещается по плоскости, наклон которой по каждой из осей пропорционален углу поворота соответствующего электропривода. Таким образом, лабораторный стенд представляет собой систему балансировки для изучения и проверки законов управления, используя классические, адаптивные, нечеткие и другие типы регуляторов [3,4]. Структурная схема лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

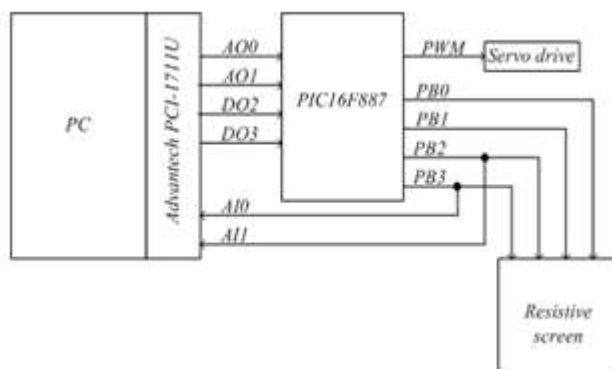


Рис.1 – Структурная схема лабораторного стенда

Для определения координат шара применен четырёхпроводной резистивный экран. Резистивный экран состоит из стеклянной панели и гибкой пластиковой мембраны. И на панель, и на мембрану нанесено резистивное покрытие. Пространство между стеклом и мембраной заполнено изоляторами. На панель подается напряжение питания (5 В). В

точке касания шара, панель и мембрана замыкаются, и на свободном выводе экрана формируется напряжение пропорциональное положению шара. Это напряжение подается на аналоговый вход платы ввода-вывода Advantech PCI 1711U. В качестве исполнительно механизма применен цифровой сервопривод Corona DS-319MG. Он представляет собой замкнутую систему управления состоящую из двигателя постоянного тока, редуктора и датчика положения – переменного резистора. Управляющий сигнал представляет собой импульсы переменной ширины. Импульсы повторяются с постоянной частотой (50Гц), а угол поворота выходного вала пропорционален ширине импульса и лежит в диапазоне 0,5 – 1,5 мс, что соответствует 0 – 180 градусам поворота вала сервопривода. Для отладки алгоритмов управления применен пакет Matlab/Simulink Real-time Windows target. Структурная схема представлена на рисунке 2.

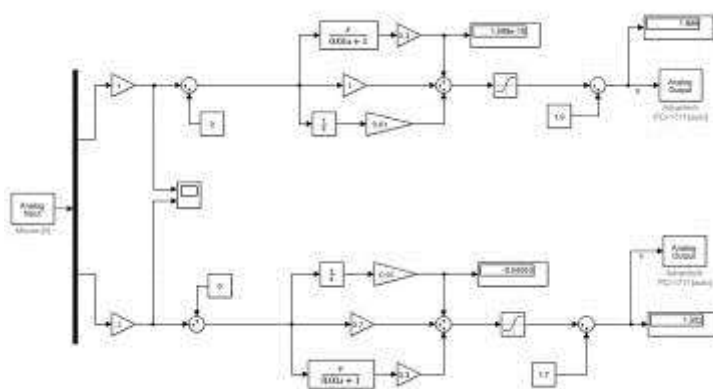


Рис. 2 Структурная схема системы в среде Matlab/Simulink.

Входами и выходами системы являются блоки аналогового ввод/вывода платы Advantech PCI1711U. Данная схема позволяет изменять параметры ПИД регулятора, задавать желаемое положение шара в виде координат точки на плоскости.

При реализации алгоритма управления сферическим объектом на наклонной плоскости было достигнуто позиционирование шара, с отклонением от положения равновесия не более чем на 0.1. График отображающий положение шара на плоскости во времени представлен на рисунке 3.

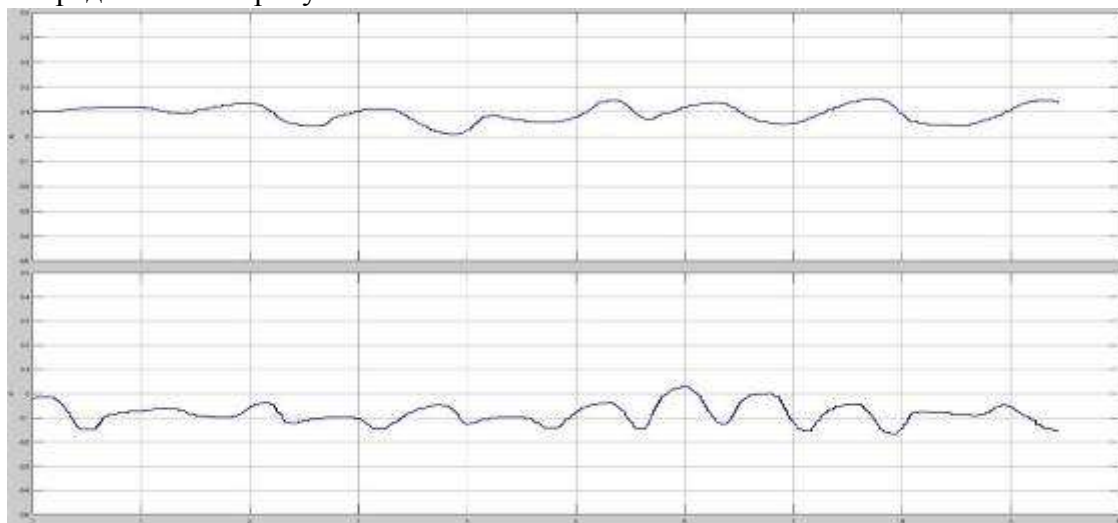


Рис.3 – График положения шара на плоскости во времени

Исходя из представленного выше графика, можно сделать вывод, что разработанная система управления работоспособна и справляется с поставленной перед ней задачей.

Данный вывод подтверждается результатами проведения серии экспериментов над стендом, в ходе которых во время выполнения макетом позиционирования объекта происходило вмешательство в работу макета. Были произведены следующие действия над объектом: толчок шара разной силы и направления, снятие шара с платформы и последующее перемещение его в другую точку экрана, закручивание шара. Несмотря на все вышеперечисленные внешние возмущения система успешно справлялась с позиционированием шара в заданной точке наклонной плоскости.

Список литературы

1. Akhil Jose, H-infinity PID controller for a Ball and Beam System // Conference January 2015
2. Wai Yip Street, Kwun Tong, Ball & Beam Control System, 2013
3. Luis de la Torre; M. Guinaldo; R. Heradio; S. Dormido The Ball and Beam System: A Case Study of Virtual and
4. Remote Lab Enhancement With Moodle, August 2015
5. C. Hsu, C. Chang, M. Hsieh, Application of Underactuated Mechanism Motor Control in Ball and Beam System, 2015

СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

В.А. ХВОСТОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена разработке прототипа фрезерного станка с числовым программным управлением. Описываются результаты уже выполненных этапов создания данного прототипа, поясняются причины тех или иных технологических решений.

Ключевые слова: машиностроение, станок, автоматизация, ЧПУ, линейная интерполяция.

В развитых промышленных странах объем продукции металлообработки составляет около 30% общего производства продукции. Следовательно, успех развития того или иного производства в значительной степени зависит от эффективного использования металлорежущих станков. Если учесть, что 70% всего количества деталей изготавливают в условиях единичного и серийного производства партиями до 50 штук, то очевидно, что автоматизация этих производств является основной задачей развития машиностроения в целом. Исходя из этого, все более широкое распространение получают станки с ЧПУ (Числовым программным управлением).

Целью проекта, которому посвящен данный доклад, является создание рабочего прототипа фрезерного станка с ЧПУ. Создание данного образца позволит изучить вопросы, связанные с обеспечением точности изготовления устройств такого рода, точности их калибровки и точности изготовления деталей с их помощью. Полученный опыт в дальнейшем можно использовать при проектировании или модернизации серийных образцов станков с ЧПУ и 3D-принтеров.

Основой станка являются модули линейного перемещения, собранные на базе линейных подшипников, линейных направляющих и ШВП (Шарико-винтовых передач). Внешний вид модуля представлен на рис.2. Движение рабочей платформы вдоль модуля обеспечивается стандартными шаговыми двигателями типоразмера NEMA 23 посредством шарико-винтовой передачи. Использование такого типа передачи

обусловлено, в первую очередь, необходимостью в высокой точности позиционирования и высокой несущей способности. Коммутирование обмоток шаговых двигателей осуществляется при помощи программируемых блоков управления шаговыми двигателями SMSD-4.2, производства компании ООО “НПФ Электропривод”, работающими в режиме драйверов, то есть управляющие команды подаются на блок управления с внешнего управляющего устройства. В качестве управляющего устройства был применен контроллер Atmega 328-P. Ввод координат в контроллер осуществляется при помощи компьютера, через последовательный интерфейс UART. Таким образом, в прототипе реализована система автоматического управления без обратной связи. Структурная схема системы управления представлена на Рис.1.



Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления

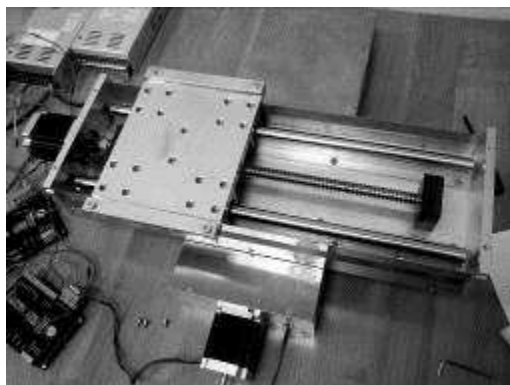


Рис. 2. Внешний вид сборки из двух модулей линейного перемещения

На начальном этапе работ по созданию прототипа, один из модулей был закреплен на подвижной платформе другого, перпендикулярно по отношению к нему. (Рис.2) Таким образом, подвижная платформа верхнего модуля могла перемещаться в двух, взаимно перпендикулярных, направлениях, что дало возможность провести ряд экспериментов с ее движением в XY-плоскости. Были экспериментально опробованы алгоритмы линейной интерполяции траекторий, в частности, алгоритм DDA-линии и алгоритм Брезенхема. Для калибровки начального положения использовались концевые датчики. Точность позиционирования платформы при прямолинейном движении составляет не менее 0.1 мм. Измерения производились при помощи штангенциркуля.

Следующим этапом создания прототипа стало изготовление корпуса, обеспечивающего однозначное и точное взаимное положение модулей линейного перемещения. Для проектирования корпуса был использован программный пакет КОМПАС-3D. Детали корпуса были спроектированы таким образом, чтобы избежать

неоднозначности взаимного положения модулей линейного перемещения из-за люфта соединительных болтов в отверстиях. Детали корпуса были изготовлены из листовой стали посредством лазерного раскроя и гибки. 3D-модель и внешний вид готового изделия представлены на Рис.3.

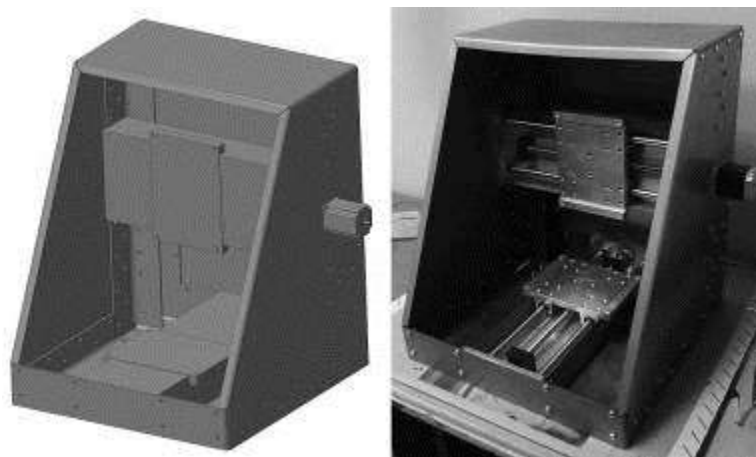


Рис. 3. 3D-модель корпуса прототипа (слева) и внешний вид корпуса прототипа (справа)

На данный момент ведутся проектно-конструкторские работы по созданию третьего модуля линейного перемещения, который будет обеспечивать движение инструмента вдоль оси Z. 3D-модель ожидаемого результата представлена на Рис.4. Следует отметить, что помимо фрезерования, проектируемый станок сможет выполнять функции гравировки, сверления или расточки отверстий, а путем замены шпинделя на экструдер для пластика, станок можно преобразовать в 3D-принтер.

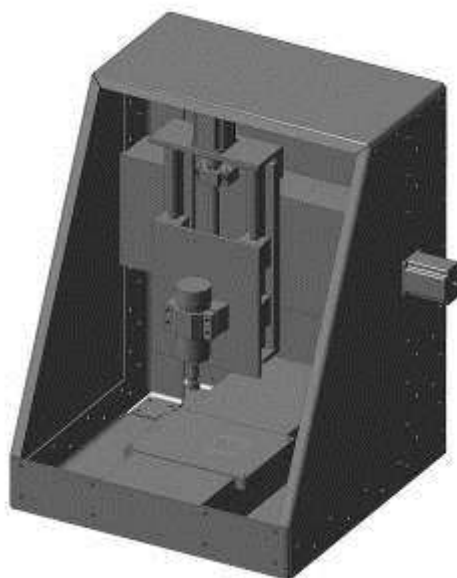


Рис. 4. 3D-модель законченного изделия.

Список литературы

1. Аверьянов, О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1987. – 232с.
2. Чириков С.В. Алгоритмы компьютерной графики (методы растривания кривых). Учебное пособие – СПб : СПб ГИТМО(ТУ), 2001. – 120с.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МИКРО- И НАНОПЕРЕ- МЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЬЕЗОАКТЮАТОРОВ

М.-П.Н. ВЕЙНЕРТ, С.А. АРИСТОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В докладе рассматриваются вопросы необходимости создания систем микроперемещения в связи с повсеместным и всеобъемлющим технологическим переходом к микро- и наноструктурному проектированию электронной компонентной базы. Также были рассмотрены преимущества использования пьезоэлементов в качестве определяющего элемента системы перемещения, такие как высокая чувствительность шага перемещения, высокое быстродействие и невосприимчивость к электромагнитному воздействию.

Ключевые слова: пьезоактюатор, обратный пьезоэффект, пьезоп привод, прецизионное позиционирование, микроперемещение.

На сегодняшний день проблема исследования объектов порядка микро- и нанометров актуальна и в последнее время стоит особенно остро, т.к. на данном этапе развития технологий все больше происходит уход к наноструктурам в различных областях науки, медицины и техники. Основными проблемами, с которыми сталкиваются при исследованиях и в практических работах, являются проблемы трудности манипулирования объектами столь малой величины, поскольку для данной операции необходимо уметь правильно позиционировать эти объекты, причем точность этого определения должна быть задана большей, чем сами размеры данных объектов. Такой подход создает ряд проблем, поскольку, уходя в нанометровый диапазон технологической и исследовательской базы, необходимая точность позиционирования достигает уровней ангстрем, а иногда и долей ангстрем, что соизмеримо с размерами атома.

В основе большинства узкоспециализированных систем, использующихся для микро и наноперемещений и позиционирования, сегодня применяются различные виды пьезодвигателей. С развитием новой эры технологического прогресса пьезодвигатели получили новый виток жизни, а в связи с повсеместным исследованием этого перспективного направления, их применение не стало ограничиваться прецизионным позиционированием и манипуляциями с микро- и нанообъектами, но также нашло свое широкое применение в автомобилестроении (системы впрыска топлива, высокоточные дозаторы, системы управления фарами, силовые приводы систем торможения), применение в системах вибрационного гашения различных систем (от станкового оборудования и до узлов лазерных систем), а также гашение шумов и т.д.

Последние разработки пьезодвигателей, применяемых для микро- и наноперемещений, имеют показатели диапазона перемещения от нескольких нанометров до десятков микрометров, чувствительность не более 1нм/В, нагрузочную способность до 1000Н и мощность на выходном валу до 100 Вт.

Данный тип пьезодвигателей изготавливается, в основном, на многослойных пьезоактюаторах, отличие которых от обычных заключается в увеличенном диапазоне перемещения в соответствии с числом входящих в их конструкцию пьезослоев. Многослойность актюатора может быть достигнута различными способами: от пакетного или блочного пьезопреобразователя, составленного на основе пьезоэлектрических пластин, до преобразователя со слоями, выполненными по технологиям нанесения тонких или толстых пленок.

Основой работы пьезодвигателя является обратный пьезоэффект, заключающийся в изменении линейных размеров при воздействии электрического поля. Принцип работы заключается в приложении импульсного напряжения к электродам пьезотрубки, установленной в основании и имеющей на конце разрезную пружину (цилиндр), на конце которого крепится держатель, после чего происходит плавное изменение размеров (удлинение или сжатие) трубки, а ее конец совместно с держателем объекта смещается на определенное расстояние.

Список литературы

1. Научная статья «исследование и расчет характеристик многослойных пьезоактюаторов нано- и микроперемещений с параллельным и кодовым управлением» - С. М. Афонин, <http://naukarus.com/issledovanie-i-raschet-harakteristik-mnogosloynyh-piezoaktyuatorov-nanoi-mikroperemescheniy-s-parallelnym-i-kodovym-uprav>
2. НИИ ЭЛПА, <http://www.elpiezo.ru/actuators.html>
3. http://www.schoolhels.fi/school/school_today/dostigeniya/2012_2013/nanotexnologiya/page19.htm

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ИНДУКТОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.С. БОНДАРЬ, О.В. СТРЕЛЬЦОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе были созданы две двумерные численные модели систем нагрева кольцевых стыков труб с применением охватывающего и плоского индукторов. Произведено исследование энергетических характеристик каждой из систем, в результате которых была выбрана оптимальная система с точки зрения энергоэффективности.

Ключевые слова: индукционный нагрев, сварка труб, охватывающий индуктор, плоский индуктор.

Индукционный нагрев, как одна из областей электротермии, требует больших затрат электрической энергии, и такие процессы как нагрев перед термической обработкой, сварка, плавление и др. осуществляются от мощных источников питания. Зачастую КПД термического процесса относительно низкий, из-за значительных потерь энергии.

Основной элемент в индукционном нагреве – это индуктор, который предназначен для нагрева изделий под дальнейшую термическую обработку, такую как закалка или сварка. Данная статья посвящена исследованию энергетических характеристик двух видов индукторов, один охватывающий (классический), а второй индуктор повторяет форму нагреваемой поверхности (в данном случае плоский индуктор). В качестве нагреваемого изделия выбраны толстостенные стальные трубы, такие трубы применяются в гидравлических системах, нефте- и газопроводах, химической отрасли и т.д.

Для исследования процесса подогрева кольцевых стыков труб перед сваркой с помощью вышеуказанных видов индукторов применялось численное моделирование в коммерческом программном пакете ANSYS. На рисунке 1 схематично представлены исследуемые индукционные системы, где под цифрой 1 обозначены индукторы, 2 – свариваемые трубы, 3 – воздушное пространство, ОС – ось симметрии.

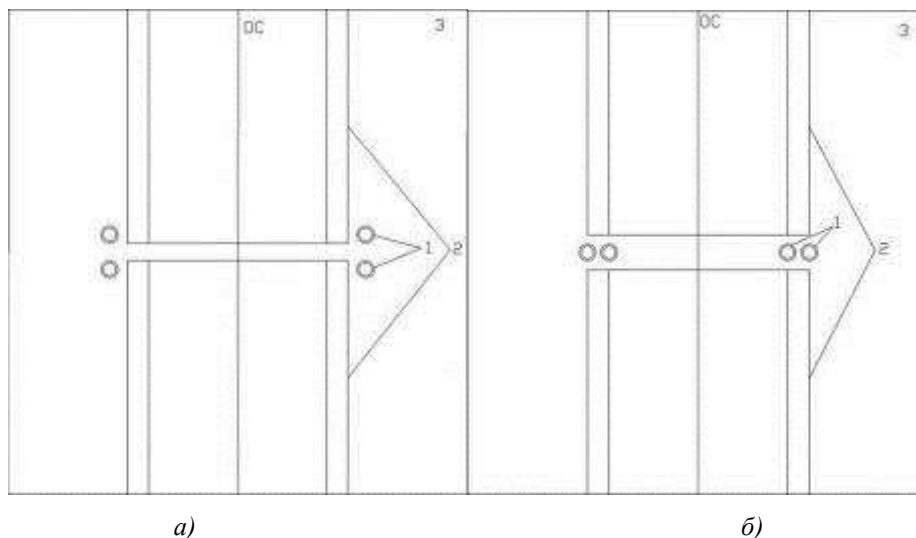


Рис.1. Геометрия системы с использованием: а) охватывающего индуктора, б) плоского индуктора

Как видно из рисунка 1, обе системы являются симметричными относительно оси симметрии ОС, поэтому производилось моделирование для правой части относительно ОС для обеих систем. При этом были подобраны значения тока, питающего индуктор, для каждой из систем таким образом, чтобы обеспечить равномерный нагрев сварного соединения, а именно для системы с охватывающим индуктором ток составлял 675 А, а для системы с плоским индуктором – 1200 А. Частота тока, питающего индуктор, была выбрана 50 кГц.

В ходе исследования рассматривалось распределение тепловой энергии в начальный момент нагрева, выделяющейся в кромках труб при протекании по ним вихревых токов, образующихся по закону электромагнитной индукции Фарадея. Распределение энергии в трубе показано на рисунке 2. Приведено распределение для верхней трубы, так как для нижней трубы оно будет симметричным.

Как видно из рисунка 2, энергия в начальный момент нагрева в случае использования охватывающего индуктора начинает выделяться в зоне индуктора, а затем внутрь трубы она проникнет за счет теплопроводности, тем самым будет происходить перегрев наружной части стенки трубы не только в зоне индуктора, но и выше, что является нежелательным. При использовании же плоского индуктора происходит равномерный нагрев стыковой кромки, при этом не происходит перегрев наружной поверхности трубы.

Таким образом, в случае использования охватывающего индуктора энергия расходуется на избыточный (и даже нежелательный) нагрев изделия, в то время как при использовании плоского индуктора нагреваются только стыковые кромки.

На рисунке 3 показано распределение температур в свариваемых трубах для обеих систем. Стоит отметить, что начальная температура обеих труб составляла 20 °С.

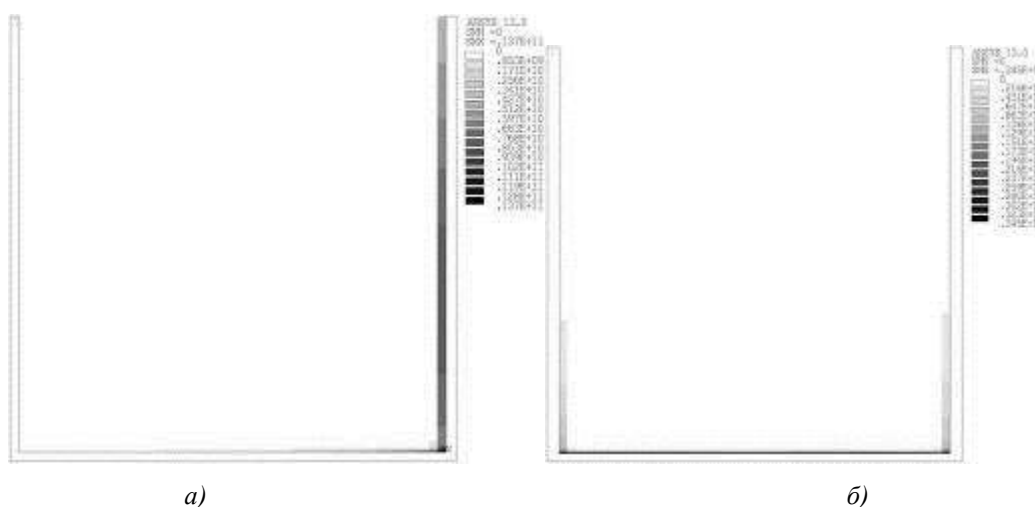


Рис. 2. Распределение энергии в трубе для системы с использованием: а) охватывающего индуктора, б) плоского индуктора

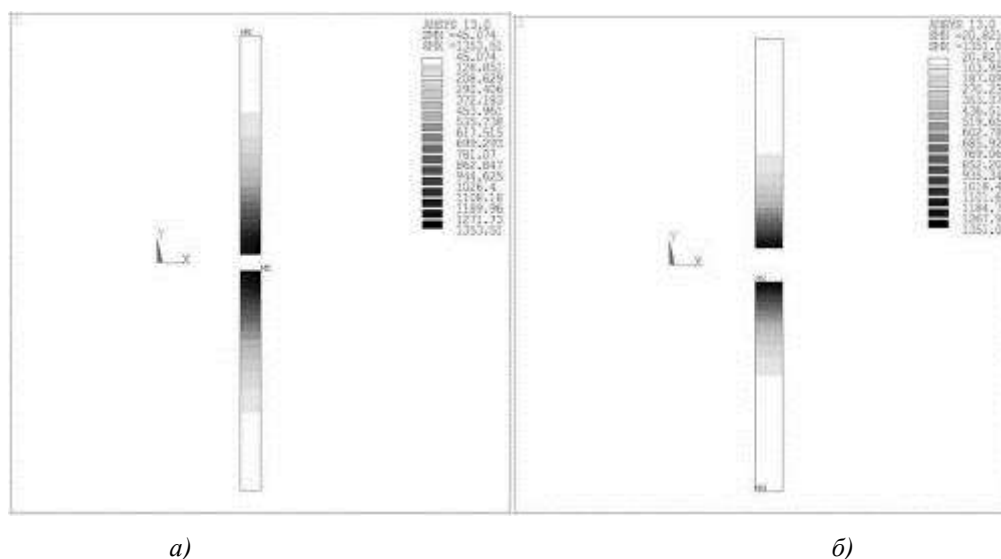


Рис. 3. Распределение температур при использовании: а) охватывающего индуктора, б) плоского индуктора

Как видно из рисунка 3, в случае использования охватывающего индуктора происходит нагрев не только зоны сварных кромок, но и нежелательной части стенок труб (как и предполагалось ранее). А при использовании плоского индуктора наибольшему температурному влиянию подвержена зона сварных кромок.

В таблице 1 представлены основные характеристики исследуемых систем.

Как видно из таблицы 1, электрический КПД охватывающего индуктора больше электрического КПД плоского индуктора на 1 %. Однако в случае использования охватывающего индуктора происходит избыточный нагрев нежелательной части стенок труб, на который затрачивается энергия. Следовательно, разница электрических КПД индукторов является не существенной. Время нагрева в случае использования плоского индуктора в два раза меньше, чем при использовании охватывающего индуктора, что является его преимуществом.

Таблица 1

Основные характеристики исследуемых систем

<i>Охватывающий индуктор</i>	<i>Плоский индуктор</i>
<i>Время нагрева, с</i>	
60	24
<i>Ток, протекающий в индукторе, А</i>	
675	1200
<i>Температура нагреваемой области, °С</i>	
1353,51	1351,03
<i>Температура области, не желаемой для нагрева, °С</i>	
45	21
<i>Электрический КПД процесса нагрева, %</i>	
93	92

Была проведена серия исследований зависимости электрических КПД систем от изменения частоты тока, питающего индуктор. При частоте ниже 24кГц существенно больший КПД обеспечивает охватывающий индуктор, а при частоте выше 200кГц - плоский. В данной же технологии (при данной толщине стенок трубы) оптимальной частотой является 50 кГц, попадающая в диапазон, в котором электрические КПД индукторов обеих систем близки, и решающими факторами становятся обеспечение качества нагрева и производительности.

В результате исследования можно сделать вывод о том, что при использовании плоского индуктора за меньшее время и при почти одинаковом электрическом КПД с охватывающим индуктором можно получить равномерно нагретую сварную кромку.

Следовательно, при использовании индуктора, геометрия которого повторяет нагреваемую поверхность, будут получены оптимальные характеристики технологического процесса.

Список литературы

1. Шамов А.Н., Лунин И.В., Иванов В.Н. Высокочастотная сварка металлов.
2. Слухоцкий А.Е., Немков В.С., Павлов Н.А., Бамунэр А.В. Установки индукционного нагрева: Учебное пособие для вузов.

Начало системы координат принято в направлении оси X , положительные углы для пространственных векторов соответствующих токам прямой последовательности выбраны против часовой стрелки. Начальный момент $t = 0$ соответствует времени, когда ток в фазе А имеет максимальное значение.

На рисунке 1 изображен вектор, равный геометрической сумме векторов

$$\sum \vec{I} = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

Пространственный вектор тока полагается равным:

$$\vec{I} = \frac{2}{3} (\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C) \quad (1)$$

Вектора $\vec{I}_A$, $\vec{I}_B$, $\vec{I}_C$ направлены вдоль осей фаз А, В, С. Координаты векторов $\vec{I}_A$, $\vec{I}_B$, $\vec{I}_C$ соответствуют перпендикулярным проекциям пространственного вектора $\vec{I}$ на оси фаз А, В, С.

В косоугольной системе координат (рис.2) длина вектора выражается через перпендикулярные и параллельные осям проекции:

$$|\vec{I}|^2 = x^1 x_1 + x^2 x_2$$

где x^1 и x^2 с индексами вверх – это координаты, полученные параллельными проекциями осей X_2 и X_1 , а x_1 и x_2 с индексами вниз – это координаты, образованные перпендикулярами к осям X_1 и X_2 . Координаты x_i с индексами вниз называются *ковариантными* координатами вектора, координаты x^i с индексами вверх называются *контрвариантными* координатами вектора ([2],[3]). Вектора $\vec{g}_1$ и $\vec{g}_2$ с индексами вниз – единичные вектора в направлении осей X_1 и X_2 . Вектор $\vec{I}$ является линейной комбинацией векторов $\vec{g}_1$ и $\vec{g}_2$: $\vec{I} = x^1 \vec{g}_1 + x^2 \vec{g}_2$

Скалярное произведение двух векторов выражается через попарные произведения ковариантных и контрвариантных векторов:

$$(\vec{A} \cdot \vec{B}) = \sum_i a^i b_i = \sum_i a_i b^i$$

Кроме базисных векторов с нижними индексами $\vec{g}_1$ и $\vec{g}_2$ можно ввести вектора с верхними индексами $\vec{g}^1$ и $\vec{g}^2$, такие что $\vec{I} = x_1 \vec{g}^1 + x_2 \vec{g}^2$

Скалярные произведения векторов $\vec{g}^1$ и $\vec{g}^2$ обладают свойствами:

$$(\vec{g}^1 \cdot \vec{g}_1) = 1; (\vec{g}^1 \cdot \vec{g}_2) = 0; (\vec{g}^2 \cdot \vec{g}_1) = 0 (\vec{g}^2 \cdot \vec{g}_2) = 1$$

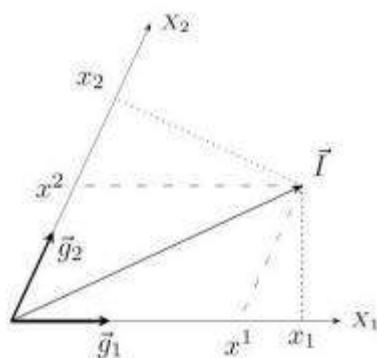


Рис. 2 вычисление длины вектора в косоугольной системе координат

Правила вычисления координат вектора с верхними и нижними индексами:

$$\left(\overset{\text{III}}{X} \cdot \overset{\text{III}}{g}^i \right) = x^i; \quad \left(\overset{\text{III}}{X} \cdot \overset{\text{III}}{g}_i \right) = x_i$$

Для вычисления физической величины нужно знать ковариантные, полученные перпендикулярной проекцией, и контрвариантные координаты вектора. Однако, нет физического механизма независимого измерения контрвариантных координат вектора. Контрвариантные координаты во всех трех фазах представлены на рис.3

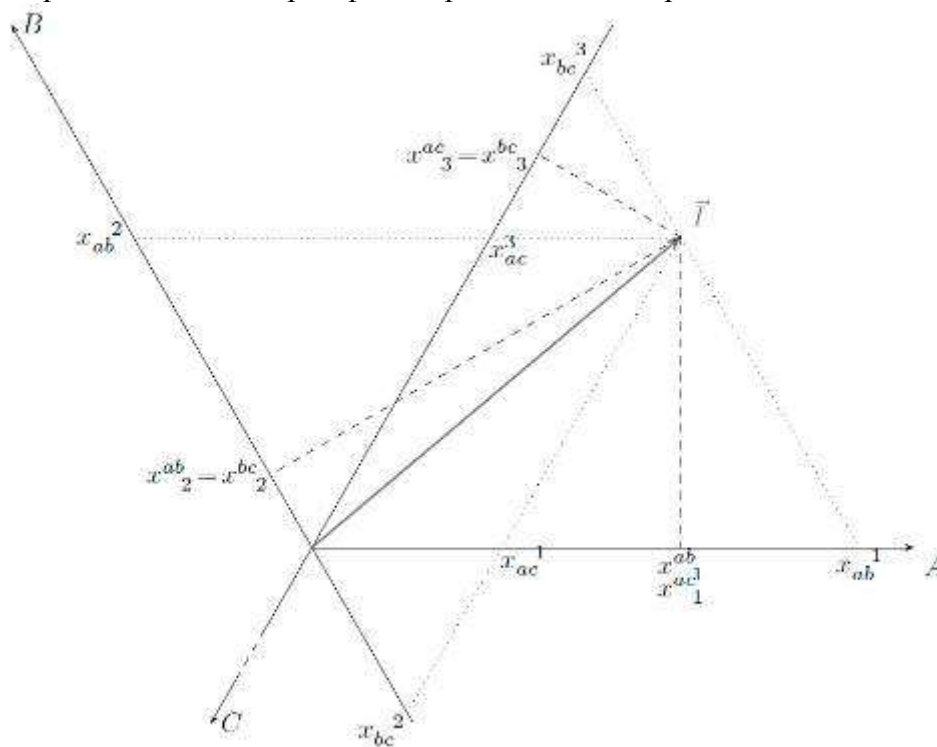


Рис.3 Длина вектора в трех осях косоугольной системе координат трехфазной системы

В случае симметричной электрической системы при вычислении длины вектора во всех косоугольных системах координат АВ, ВС и СА перпендикулярная проекция вектора $\vec{I}$ на ось фазы А входит в виде полусуммы контрвариантных компонент как представлено на рис. 3. Сумма скалярных произведений во всех косоугольных системах координат АВ, ВС и СА, выраженная аналитически:

$$\frac{x_{14}^{a,b} x_{42}^1 + x_{42}^{a,b} x_{24}^2}{|I|^2 \text{ в осях фаз } A,B} + \frac{x_{14}^{b,c} x_{42}^3 + x_{42}^{b,c} x_{24}^2}{|I|^2 \text{ в осях фаз } B,C} + \frac{x_{14}^{a,c} x_{42}^1 + x_{42}^{a,c} x_{24}^3}{|I|^2 \text{ в осях фаз } A,C} =$$

С учетом $x_{14}^{a,b} = x_{14}^{a,c}$, $x_{42}^{a,b} = x_{42}^{b,c}$ и $x_{24}^{b,c} = x_{24}^{a,c}$ получаем

$$= x_{14}^{a,b} (x_{42}^1 + x_{24}^1) + x_{42}^{a,b} (x_{24}^2 + x_{42}^2) + x_{24}^{b,c} (x_{42}^2 + x_{24}^2)$$

$$\frac{2 \cdot x_{14}^{a,b}}{2 \cdot x_{14}^{a,b}} \quad \frac{2 \cdot x_{42}^{a,b}}{2 \cdot x_{42}^{a,b}} \quad \frac{2 \cdot x_{24}^{b,c}}{2 \cdot x_{24}^{b,c}}$$

Таким образом, для вычисления физических величин в симметричной электрической системе нужны только перпендикулярные координаты. При усреднении по всем трем фазам получим уравнение (1).

Список литературы

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений М.: Изд. Центр «Академия», 2007. 272 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды 5-е изд., испр. М.: Наука, 1994. 528 с.
3. Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко Современная геометрия. Методы и приложения М.: Наука, 1986. 760 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ И НЕУПРАВЛЯЕМОГО ДИОДНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Ю.В. ПАВЛОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена вопросу эффективности трехфазных управляемых выпрямителей. В первой части рассматривается неуправляемый диодный выпрямитель напряжения. Вторая часть - синтез системы управления активным выпрямителем и описание алгоритма управления управляемыми выпрямителями, названный релейно-токовым методом. В статье представлены результаты компьютерного моделирования двух типов выпрямителей (управляемых и неуправляемых) для демонстрации преимуществ использования первого.

Ключевые слова: активный выпрямитель напряжения, неуправляемый диодный выпрямитель напряжения, компьютерное моделирование

Целью данной работы является выявление преимуществ использования активного выпрямителя по сравнению с неуправляемым диодным выпрямителем.

Наиболее широко распространенными выпрямителями являются неуправляемые диодные выпрямители напряжения, управляемые сетью. Данные выпрямители потребляют из сети токи с большим количеством высших гармонических составляющих, а наличие фазового сдвига между напряжением сети и потребляемым током существенно снижает коэффициент мощности.

Для исследования схем силовой электроники широко применяется имитационное моделирование с помощью комплекса программ Matlab+Simulink.

Спектральный состав фазного сетевого тока виртуальной модели для исследования неуправляемого диодного выпрямителя напряжения показывает наличие большой доли

высших гармоник в потребляемом токе. Коэффициент гармонических искажений равен 13,16% (Рис.1 (а)).

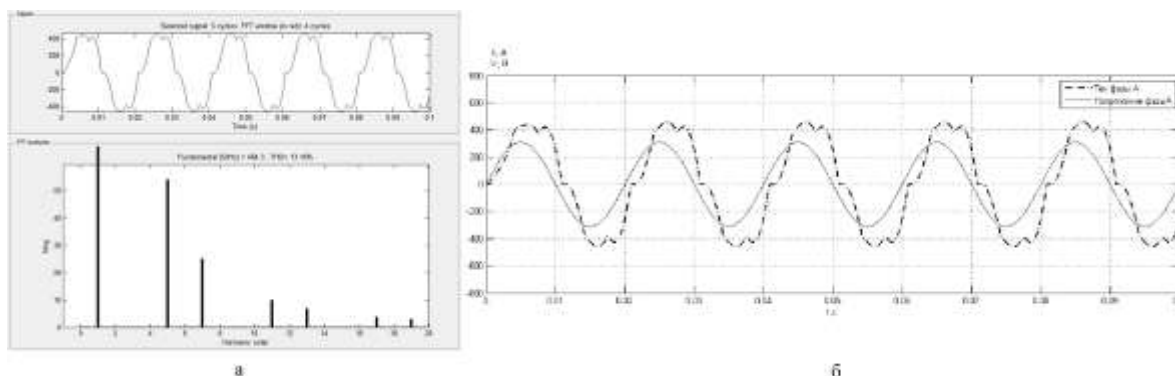


Рис.1. Гармонический состав потребляемых из сети токов (диодный выпрямитель) (а), Фазовый сдвиг между напряжением сети и током, потребляемым из сети (диодный выпрямитель) (б)

Из осциллограмм (Рис.1 (б)) наглядно видно, что форма потребляемых токов несинусоидальная. А также видно наличие фазового сдвига между сетевыми токами и фазным напряжением (около 30°).

Выпрямитель источника напряжения работает путем поддержания напряжения звена постоянного тока в заданном эталонном значении с помощью обратной связи блока управления. Для выполнения этой задачи напряжение в цепи постоянного тока измеряется и сравнивается с эталонным источником опорного напряжения. Сигнал ошибки используется для переключения шести вентилях выпрямителя. Таким образом, обеспечивается двунаправленный обмен энергии между питающей сетью и потребителем в зависимости от заданного значения постоянного напряжения.

Когда АВН начинает работать в выпрямительном режиме, конденсатор С разряжен и сигнал ошибки указывает блоку управления на необходимость получения энергии от источника переменного тока. Блок управления подает питание от источника, генерируя соответствующий ШИМ – сигнал для шести вентилях. Таким образом, значение тока, текущего со стороны сети на сторону постоянного тока, увеличивается, и напряжения конденсатора устанавливается. И, наоборот, при работе в инверторном режиме, конденсатор С заряжен и ошибка задает элементам управления сигнал, чтобы разрядить конденсатор и возвратить энергию в сеть переменного тока.

Можно управлять не только активной мощностью, но и реактивной, что позволяет этому типу выпрямителя корректировать коэффициент мощности. Кроме того, форма потребляемых из сети токов может поддерживаться очень близкой к синусоидальной, что уменьшает содержание высших гармоник тока в электросети.

Контроль осуществляется путем измерения мгновенных значений фазных токов, заставляя их значения приблизиться к значениям эталонного синусоидального тока i_{ref} . Амплитуда эталонного тока i_{max} определяется выражением [2]:

$$i_{max} = Pe = P(u_{ref} - u_{dc}),$$

где P - реакция ПИ – регулятора.

Эталонный синусоидальный сигнал создается путем умножения амплитуды i_{max} с синусоидой с желаемым значением фазового сдвига и той же частоты, что и питающая

сеть. Более того, эталонные значения должны быть синхронизированы со значениями тока источника. После создания эталонного сигнала используем широтно – импульсную модуляцию, чтобы токи питающей сети были приближены к эталонному синусоидальному току.

Выпрямитель будет поддерживать на конденсаторе значение опорного напряжения для любой нагрузки с помощью ПИ-регулятора.

Изображенный на Рис.2 (а) спектральный состав фазного сетевого тока i_a показывает наличие небольшой доли высших гармоник в потребляемом токе. Коэффициент гармонических искажений (THD) равен 3,17%.

На рис.2 (б) изображены осциллограммы фазного напряжения и тока сети.

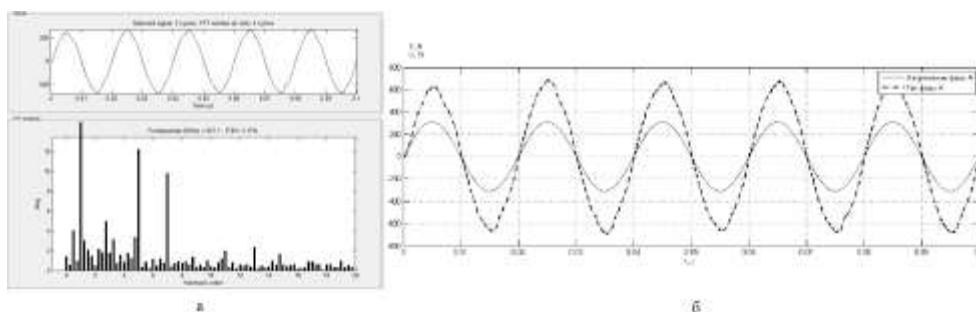


Рис.2. Гармонический состав потребляемых из сети токов (ABN) (а),
Фазовый сдвиг между напряжением сети и током, потребляемым из сети (ABN) (б)

Из осциллограмм наглядно видно, что форма потребляемых токов близка к синусоидальной. А также видно отсутствие фазового сдвига между сетевыми токами и фазным напряжением.

Подводя итоги проведенного моделирования, можно сделать вывод о целесообразности использования активного выпрямителя напряжения для получения более высокого коэффициента мощности, чем у неуправляемого диодного выпрямителя. Результаты спектрального анализа показывают меньший коэффициент несинусоидальности тока у АВН (THD= 3,17%) по сравнению с неуправляемым диодным выпрямителем (THD= 13,16%). По внешнему виду осциллограмм можно наглядно судить об исчезновении фазового сдвига между потребляемыми из сети напряжениями и токами у АВН.

Управляя транзисторами, активный выпрямитель поддерживает на конденсаторе значение опорного напряжения, что позволяет получить значение выпрямленного напряжения выше, чем может создать диодный выпрямитель.

Список литературы

1. Lechat Sanjuan S. Voltage oriented control of three-phase boost PWM converters. Design, simulation and implementation of a 3-phase boost battery charger. Göteborg, Sweden, 2010
2. Rashid, M. H. Power Electronics Handbook: devices, circuits, and applications handbook, Third Edition. Elsevier, 2011

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ТРЕБУЕМОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ ПОДВИЖНОГО СЕРДЕЧНИКА

К.А. ПОРОХНЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Применение электромагнитных приводов для управления различными механизмами является в настоящее время актуальной задачей. Поэтому целью работы является разработка электромагнитного привода поступательного движения с требуемой конструкцией подвижного сердечника с системой управления и статическим преобразователем, обеспечивающим заданные динамические показатели.

Ключевые слова: электромагнитный привод поступательного движения, клапан газораспределительного механизма, моделирование.

Применение электромагнитных приводов (ЭМП) для управления различными механизмами является в настоящее время актуальной задачей, для решения которой разрабатываются ЭМП для управления клапанами газораспределительного механизма (ГРМ), запорной арматуры, вибрационные стенды, а также клапаны топливоподачи и воздухогазообмена современных силовых энергетических установок со свободным поршнем.

Основной задачей при этом является необходимость создания ЭМП заданных габаритных размеров для размещения в головке блока цилиндров, обеспечивающего требуемое усилие и осуществляющего срабатывание клапанов с заданной скоростью за минимальное время.

Согласно ГОСТ Р 50369-92 «Электроприводы. Термины и определения» электропривод (ЭП) поступательного движения – это ЭП, обеспечивающий поступательное линейное движение исполнительного органа рабочей машины, а по физическим принципам – это ЭП, который преобразует энергию устройством на основе взаимодействия электромагнитного поля и ферромагнитных тел.

При моделировании электромагнитного привода необходимо сформировать технические требования к параметрам электромагнита.

Проектирование исполнительного электромагнита состоит в определении конструктивной формы магнита по заданным условиям работы механизма, для которого он предназначен. Поэтому на данном этапе выполнения научно-исследовательской работы необходимо исследовать магнитное поле (индукцию B) вдоль оси перемещения сердечника (аксиальной оси Z) катушки электромагнитного привода поступательного движения, чтобы определить распределение сил в катушке.

Намагничивающая сила обмотки должна быть достаточной для создания необходимого магнитного потока, обеспечивающего управление электромагнитного привода поступательного движения.

Для моделирования поставленной задачи выбираем средство проектирования под названием ANSYS Maxwell.

В качестве оптимальной конструкции электромагнитного привода был выбран прототип катушки Брукса.

Исследованию подлежит магнит, магнитные характеристики которого представлены в таблице 1.

Характеристики материала

Код материала	Остаточная магнитная индукция, Вг (Тл)	Коэрцитивная сила по намагниченности, Нсb (кА/м)	Коэрцитивная сила по индукции, Нсj (кА/м)	Максимальная магнитная энергия, ВН (кДж/м3)
N35	1,17 -1,21	> 876	> 955	263 - 279

В качестве материала для проектируемой электромеханической части привода используем магниты на основе NdFeB.

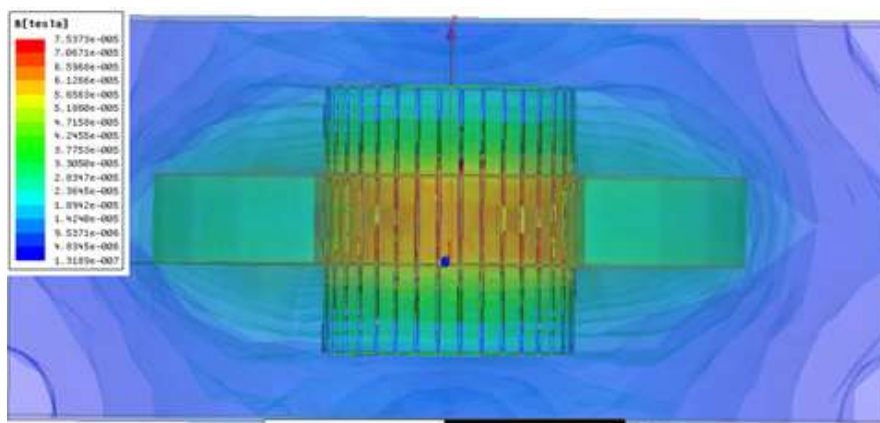


Рис. 1. Модель поля катушки

Выбрав конструкцию, материал и определив основные параметры для проектирования было смоделировано поле катушки.

Список литературы

1. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. -576 с.
2. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: конструкция и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов ВТУЗов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». 4-е изд. перераб. и доп / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
3. Гринченков В.П. Электромагнитные приводы с возвратно-поступательным и возвратно-вращательным принципом действия для клапанов / В.П. Гринченков, И.А. Павленко // Изв. вузов. Электромеханика. – 2009. – №4. – С. 51-57.
4. Павленко А.В. Комплексное проектирование электромагнитных приводов с заданными динамическими характеристиками / А.В. Павленко, В.П. Гринченков, А.А. Гуммель, И.А. Павленко, Э. Калленбах // Электротехника. – 2007. – № 4. –С. 22-30.
5. Павленко А.В. Проектирование быстродействующих электромагнитов с заданными динамическими параметрами / А.В. Павленко, В.П. Гринченков, Э.Калленбах К., Н.П. Беляев // Изв. вузов.лектромеханика. – 2002. - № 4. – С.76-80.
6. Соснин Д. Клапаны с электромагнитным приводом для газораспределительного механизма поршневого двигателя / Д. Соснин // «Ремонт & Сервис». – №12. – Декабрь, 2001.
7. Moriya Y. Newly developed intelligent variable valve timing system – continuously controlled cam phasing as applied to a new liter inline engine / Y. Moriya, A.Watanabe, H. Uda, H. Kawamura, M.A. Yoshioka // SAE Paper 960579, 1996.
8. Ahmad T. A survey of variable valve actuation technology / T. Ahmad, M.A. Theobald // SAE Paper 891674, 1989.

9. Dresner T. A review of variable valve timing benefits and modes of operation /T. Dresner., P. Barkan // SAE Paper 891676, 1989.
10. ГОСТ Р 50369-92 «Электроприводы. Термины и определения»
11. Пат. 2369751 РФ. Привод клапана конструкции Соколова / Заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кубанский государственный технологический университет; 2009.
12. URL: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/> (дата обращения: 10.02.2018).
13. URL: <http://ferrite.ru/products/magnets/alnico> (дата обращения: 10.02.2018).
14. Научная библиотека // Рефераты диссертаций URL: <http://www.dslib.net/dinamika/dinamika-vibracionnogo-transportirujuwego-ustrojstva-s-jelektromagnitnym-privodom.html> (дата обращения: 25.02.2018).
15. URL: <http://www.npi-tu.ru/assets/diss/d212.304.08/files/bolshenko.html> (дата обращения: 10.03.2018).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЁХФАЗНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

И.А. СИДОРЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена трёхфазным управляемым выпрямителям. Описываются схемы и временные диаграммы выпрямителей на различной элементной базе. Ставится задача моделирования трёхфазного управляемого выпрямителя на транзисторах (трёхфазный управляемый выпрямитель)

Ключевые слова: управляемый выпрямитель, трёхфазный активный выпрямитель

Выпрямители- устройства преобразования электроэнергии переменного тока в электроэнергию постоянного тока.

Если рассматривать классификацию выпрямителей по отношению к фазности схем, то они бывают: однофазные и многофазные. Так как промышленные сети электроэнергии в основном трёхфазные, а в автономных объектах (транспортных средства) – трёхпроводные, в данном докладе рассматриваются трёхфазные схемы выпрямителей с трёхпроводной сетью.

Классическая схема диодного трёхфазного выпрямителя и его временные диаграммы представлены на рисунке 1:

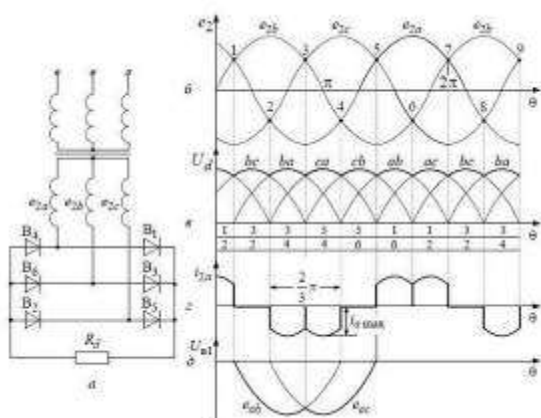


Рис. 1. Принципиальная схема 3^X МНУВ.

Вентили 1,3,5 образуют катодную, а вентили 2,4,6 – анодную группы (рисунок 1). Из катодной группы ток пропускает тот вентиль, к аноду которого подводится большее положительное напряжение.

Данная схема имеет существенные недостатки, а именно:

- 1) Прерывистый пульсирующий сетевой ток
- 2) Повышение амплитуда тока входной сети
- 3) Сдвиг фаз тока и напряжения (то есть требуется повышение мощности генераторов)

В следствии происходят:

- 1) Искажение формы питающего напряжения
- 2) Падение напряжения в распределительной сети
- 3) Резонансные явления на частотах высших гармоник

Тиристорные управляемые выпрямители не устраняют эти факторы, а ухудшают качество электросети. На рисунке 2 представлена схема трехфазного управляемого выпрямителя на тиристорах и временные диаграммы с учётом коммутации.

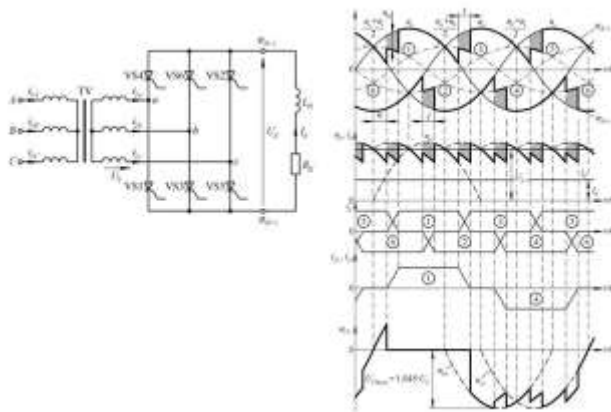


Рис. 2. Принципиальная схема $3^X MVB$ на тиристорах

Сегодня существуют и активно разрабатываются приборы, управляемые выпрямители на основе новых силовых транзисторов.

Активный выпрямитель напряжения позволяет осуществлять коммутацию ключей сотни раз за период. Это возможно ввиду использования в построении выпрямителя биполярных транзисторов с изолированным затвором (англ. IGBT). Активный выпрямитель напряжения (АВН) представляет собой автономный инвертор напряжения, выполненный на силовых ключах с обратными диодами и обращенный на сторону сети переменного тока, который обеспечивает двунаправленный обмен энергии между питающей сетью и потребителем. В принцип работы АВН заложен импульсный повышающий напряжение регулятор, поэтому он обязательно содержит в своем составе токоограничивающий дроссель, устанавливаемый на стороне переменного тока. Для обмена реактивной мощностью, включающей мощность высших гармоник, между первичной сетью и АВН используется конденсатор силового фильтра звена постоянного тока. Одна из возможных (самых распространенных) схем с транзисторным двухуровневым активным выпрямителем и временные диаграммы данной схемы изображены на рисунке 3 [1,4-10].

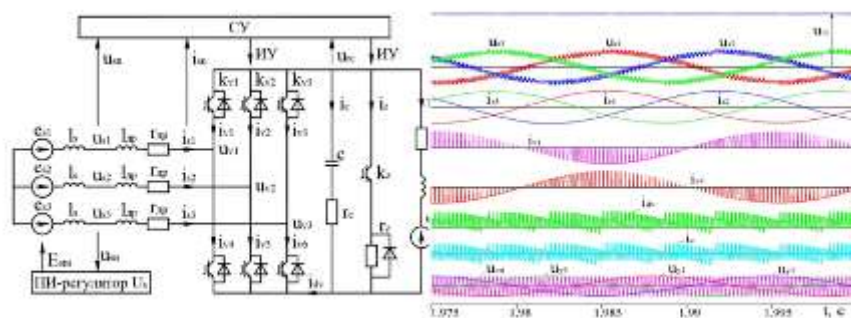


Рис.3. Схема активного выпрямителя

Широкому внедрению такой схемы препятствует отсутствие качественного описания алгоритмов управления такими выпрямителями и отсутствие аналитически полученной конкретной математической модели. Блок активного выпрямителя (Active Rectifier) представлен на рисунке 4.

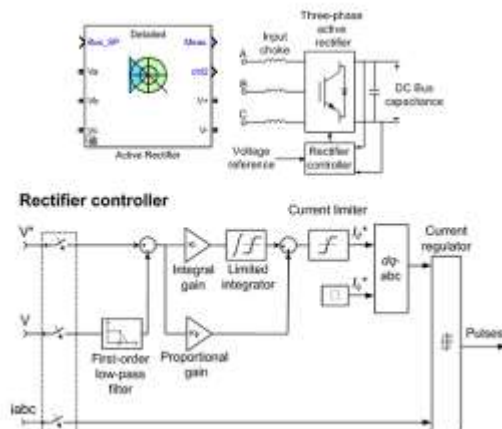


Рис.4. Блок активного выпрямителя Active Rectifier в среде Matlab/Simulink

Анализ модели активного выпрямителя, представленной в среде Matlab (в прикладных библиотеках), позволяют анализировать только установившиеся процессы. Однако, для практического применения этого не достаточно, так как данный блок не позволяет анализировать процессы, происходящие в элементах выпрямителя. Помимо установившихся режимов для практического применения необходимо иметь представление о переходных процессах и режимах работы (диапазон нагрузки от 0 до 100%, сброс/наброс нагрузки, аномалии в источнике питания).

При моделировании управляемых выпрямителей важны как длительные переходные процессы (секунды), так и кратковременные, быстрые (микросекунды).

Закключение: для разработки математической модели с целью самостоятельной разработки в дальнейшем рабочего макета управляемого выпрямителя на транзисторах требуется решить следующие задачи:

1. Составить эквивалентные схемы замещения для установившихся режимов и для переходных режимов в транзисторах выпрямителя;
2. Получить аналитические выражения для токов и напряжений в ветвях и узлах выпрямителя;

3. Опробовать представленные в литературе алгоритмы управления с разработанной математической моделью;

4. Подтвердить правильность моделирования путём эксперимента на изготовленном макете.

Список литературы

1. Кондратьев Дмитрий Евгеньевич// Трёхфазные выпрямители с активной коррекцией коэффициента мощности и двунаправленной передачей энергии (05.09.12 Силовая электроника). Автореферат к кандидатской диссертации
2. Power Electronics Handbook: Devices, circuits, and applications/ Muhammad H. Rashid. -3rd ed., 2011
3. Control in power electronics: Selected Problems/ Marian P. Kazmierkowski, R. Krishnan, Frede Blaabjerg, 2002
4. Пронин М.В., Воронцов А.Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / Под ред. Крутякова Е.А. СПб: «Электросила», 2003. – 172 с.
5. Брылина О.Г., Гельман М.В. Исследование трехфазного активного выпрямителя напряжения//Теория и практика автоматизированного электропривода №1(22) - 2014.
6. Борисов П.А., Седнев А.К. Математическое моделирование электропривода постоянного тока с активным выпрямителем// Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, 2009, №3(61)
7. Маклаков А.С. Математическое описание трехуровневого преобразователя частоты с фиксированной нейтралью на базе активного выпрямителя и автономного инвертора напряжения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика», 2016. Т.16, №4, С.49-59
8. Борисов П.А., Поляков Н.А. Синхронизация трехфазных активных выпрямителей напряжения с питающей сетью // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2012, №4(80), С.55-60
9. Михальченко Г.Я., Муликов Д.С. Установившиеся режимы работы преобразователя частоты с активным выпрямителем // Доклады ТУСУРа, том 19, №2, 2016, С.79-83
10. Казачковский Н. Н. Управление активным выпрямителем с релейно-векторным контуром тока для систем частотно-регулируемого электропривода / Н.Н. Казачковский., Д.В. Якупов // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. пр. – Вип. 18. – Ч. 2. – Маріуполь, 2008. – С. 40-43.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ

О.В. СТРЕЛЬЦОВА, А. С. БОНДАРЬ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследования влияния источников бесперебойного питания на качество электрической энергии питающей сети. Гармонический анализ позволил сделать вывод о потерях мощности, которые можно уменьшить, применяя более усовершенствованные типы источников бесперебойного питания.

Ключевые слова: источник бесперебойного питания, качество электрической энергии, гармонические составляющие высоких порядков, потери в нулевом проводе

В настоящее время компьютерная и оргтехника широко используется и составляет существенную долю в энергопотреблении, например, в бизнес-центрах, учебных заведениях, центрах обработки данных и т.д. Совместно с техникой часто устанавливают источник бесперебойного питания (ИБП) – устройство, служащее для защиты оборудования и данных от перебоев в электроснабжении. Во время отключения основного источника электроэнергии ИБП, соединенный с компьютером, продолжает поддерживать питание еще некоторое время, что позволяет в этот момент сохранить все данные и корректно завершить работу системы.

Исследования проводились с источником бесперебойного питания APC Back-UPS RS 1500. В данной статье приводятся результаты исследования влияния ИБП на сеть, гармонический состав и форма кривых тока и напряжения, а также потребляемая мощность. Наличие в спектре потребляемого тока гармонические составляющих, имеющих порядок отличный от первого, приведет к возникновению гармонических искажений напряжения сети. Кроме того, ИБП может потреблять реактивную мощность, которая не идет на совершение полезной работы, но приводит к нагреву проводов, в результате чего происходят потери энергии.

Измерения осуществлялись с помощью энергетического анализатора Siemens Oscillostore P513, который позволяет не только измерять показатели качества электрической энергии, но и регистрировать их. Массив полученных данных обрабатывался в программе Microsoft Excel 2013.

Сначала проводились измерения при отсутствии нагрузки на выходе ИБП (потребление энергии только на заряд аккумулятора), затем к ИБП подключался компьютер и фиксировался суммарный потребляемый ток. Полученные в указанные периоды проведения опыта осциллограммы тока и его гармонический состав представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

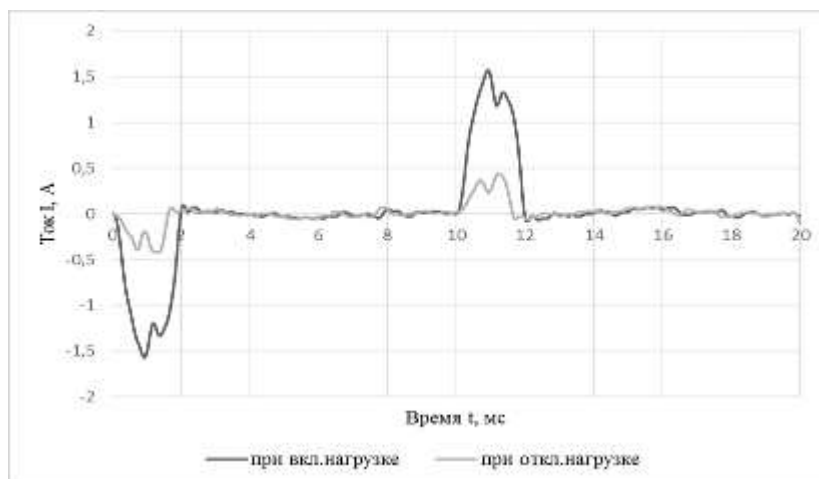


Рис.1. Осциллограммы тока, потребляемого ИБП

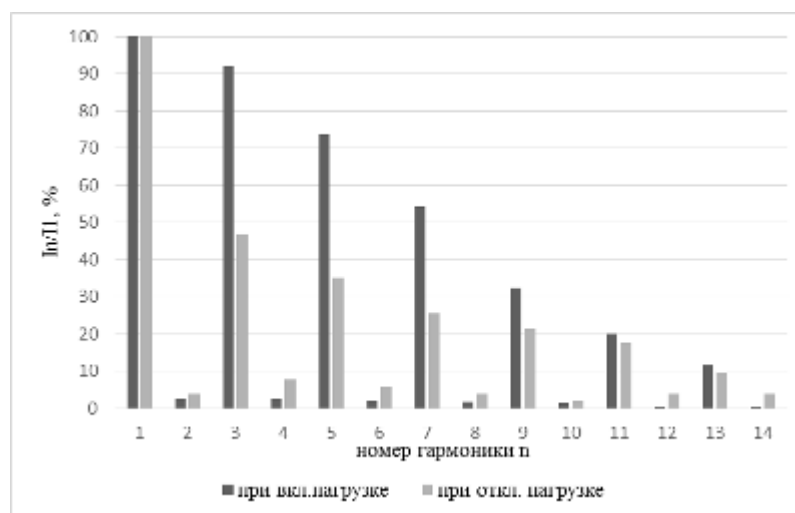


Рис. 2. Гармонический состав тока, потребляемого ИБП

Из рисунков 1 и 2 следует, что сам по себе источник бесперебойного питания имеет сильно искаженную форму тока (содержит высшие гармоники с амплитудой до 50 % от первой), но он оказывает незначительное влияние на сеть, так как амплитуда потребляемого тока невелика. Однако при подключении ИБП к нагрузке, которую он защищает от колебаний электрической энергии, форма тока (а значит, и гармонический состав) определяются в большей степени самой нагрузкой.

Из полученной осциллограммы видно, что в потребляемом токе присутствуют в числе прочих гармонические составляющие, кратные трем. Такие гармоники в случае трехфазной симметричной нагрузки представляют опасность для нулевого провода, так как они суммируются в нем. Таким образом теряется дополнительное количество энергии на нагрев провода и повышается вероятность его разрушения и других аварийных ситуаций. В приведенном случае в нулевом проводе будет протекать ток частотой 150 Гц, превышающий фазный ток.

Исследуемый источник бесперебойного питания относится к типу линейно-интерактивных. Такой тип стабилизирует выходное напряжение при изменении входного без переключения на работу аккумулятора, в режиме работы от электрической сети корректировка формы выходного напряжения отсутствует. При работе от аккумулятора выходное напряжение имеет форму аппроксимированной синусоиды или даже форму чистой синусоиды.

ИБП резервного типа можно использовать в домашних условиях для персонального компьютера или в небольших офисах. Принцип действия такого устройства прост: переключение оборудования на резервный аккумулятор, являющийся его составной частью, батарея и инвертор отключены в нормальном режиме от сети. Недостатком является отсутствие стабилизации входного напряжения при работе от электросети.

Третий тип ИБП – это on-line источники (источники с двойным преобразованием) – это устройство, в котором батарея постоянно заряжается от сети, причем входное напряжение низкого качества, и отдаёт ток инвертору, выходное напряжение получается с эталонными характеристиками. Однако недостатком является дополнительное потребление электроэнергии в режиме двойного преобразования.

Целесообразно использовать трехфазные ИБП, если потребитель хочет использовать централизованную систему бесперебойного питания для питания большого количества важных нагрузок (компьютеры, диспетчерские пульты, кассовые узлы в торговых центрах, системы безопасности и контроля доступа). В схеме трехфазных ИБП выпрямитель является симметричной нагрузкой, и нулевой провод не связан с конечными электропотребителями. На рисунке 3 показана блок схема трехфазного ИБП. Таким образом, гармоники кратные трем не проникают в нейтральный провод.

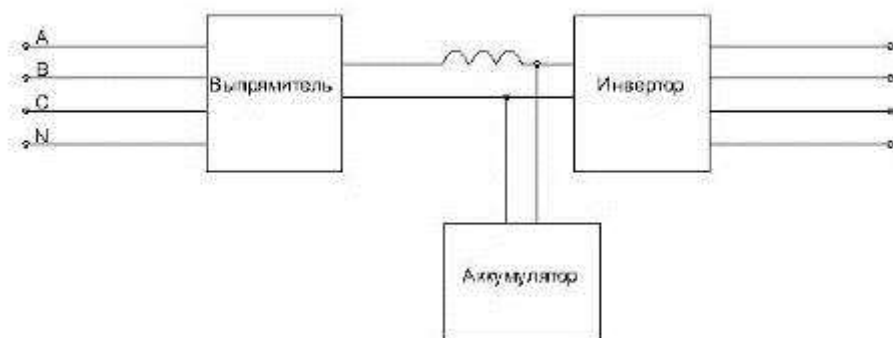


Рис. 3. Схема трехфазного источника бесперебойного питания

В результате проведенных исследований можно сделать ряд выводов о том, что с точки зрения энергосбережения целесообразно использовать ИБП off-line типа, однако, при большом их количестве они могут негативно влиять на качество электроэнергии питающей сети. С точки зрения влияния на сеть предпочтителен ИБП типа on-line.

Компромиссным решением для больших сетей могут стать модульные источники бесперебойного питания. Такие ИБП имеют мощность порядка десятков кВА и устанавливаются для защиты очень мощных нагрузок, расположенных, например, в центрах обработки данных. Их помещают либо в коммуникационных шкафах в серверных помещениях, либо выделяются отдельные комнаты. Для таких источников имеет значение КПД, который является отношением мощности, передаваемой потребителям, к мощности, поступающей на вход ИБП. Часть энергии рассеивается в виде тепла при прохождении тока через внутренние компоненты. Поэтому крупные производители стремятся усовершенствовать технологии для повышения КПД. У современных источников бесперебойного питания КПД может достигать порядка 95-96 %.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартиформ, 2014
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с., ил.
3. Лопухин А.А. Источники бесперебойного питания без секретов [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.ups-info.ru/for_partners/library/istochniki_bespereboynogo_pitaniya_bez_sekretov/ – (Дата обращения: 01.03.2018)

ОПТИМАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ СТЕРЖНЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

И.С. ТИМОНИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Работа была посвящена разработке автоматизированного расчета оптимальной геометрии стержня трансформатора.

Ключевые слова: магнитная система, стержень, ярмо, пакеты стали, excel, Visual Basic, коэффициент заполнения стали

Одним из этапов расчета магнитной системы трансформатора является определения геометрии стержня (ярма) магнитной системы. При этом определяются необходимое количество ступеней в поперечном сечении стержней трансформатора, ширина и высота пакетов стали стержней, расстояние между осями стержней и т.п. Данные параметры определяют ток холостого хода и потери мощности- это важнейшие характеристик любого трансформатора. При выборе ширины и высоты сердечника исходят из того, чтобы площадь ступенчатого поперечного сечения фигуры, стали стержня, которая вписана в площадь круга максимально заполняли ее. Очевидным является, то что с увеличением числа ступеней стержня трансформатора, увеличивается и площадь заполнения вписанной в круг фигуры, а, следовательно, и коэффициент заполнения $k_{зп}$. На практике, однако, количество ступеней выше 18, применяют крайне редко. Это связано с высокой трудоемкостью выполняемых работ для данного количества ступеней, а также, тем, что рост коэффициента заполнения при этом, замедляется и не дает существенного эффекта.

В некоторых литературных источниках по трансформаторостроению приводятся таблицы с размерами пакетов, которые обеспечивают максимальное значение коэффициента заполнения. В обзоре отечественной литературы, количество ступеней, с коэффициентами оптимальных размеров стержня не превышает шести, для зарубежных источников-десяти. Авторы книг указывают, что при большем числе ступеней задача выбора оптимальных размеров существенно усложняется и рекомендуют пользоваться таблицами, с нормализованными значениями геометрии пакетов, определившиеся «в результате накопленного опыта». При этом остается открытым вопрос, о том как быть при отклонении от нормализованных значений (что на практике имеет место) и являются ли эти значения оптимальными. К тому же использование таблиц, требует внимательности проектировщика и затрат времени.

Автоматизации данного процесса и была посвящена данная работа. В ходе проделанной работы на языке Visual Basic была написана программа в среде Excel (рис. 1).

Параметры для ввода значений отмечены желтым цветом (диаметр стержня, пакеты стали, число ступеней). Предполагается, что высота пакетов стали, известна и изменяется, редко (по необходимости). Пользователю необходимо ввести диаметр описанной окружности стержня, после этого, в ячейке «рекомендуемое число ступеней» определяется количество рекомендуемых пакетов. Пользователь программы должен выбрать соглашаться с данной рекомендацией или нет и ввести значение в ячейку «число ступеней». После этого необходимо, нажать кнопку «Поиск решений». По нажатию, программа выполнит расчет оптимального значения геометрии пакетов по заданным параметрам и разместит их в столбце «Грубый расчет». Следует иметь в виду, что в данном столбце, приводятся, теоретически оптимальные ширина и длина, на практике же пакетов с такими размерами, скорее всего, не окажется, для решения данной проблемы реализован подбор из существующих пакетов, а результат размещается в столбце «Точный расчет». После всех расчетов, проектировщик должен оценить полученные результаты, сделать выводы о том удовлетворяет ли его полученное решение, если нет, то изменить исходные значения и сделать расчет снова.

ННБ VI, Санкт-Петербург, 22 – 24 марта 2018

[illegible]

Рис. 1 – Интерфейс написанной программы

Таблица 1

Коэффициенты оптимальной геометрии стержней для длины

[illegible]

С целью восполнить пробел в оптимальных коэффициентах геометрии стержней приводится таблица 1, значения коэффициентов приведены только для высоты. Коэффициентом является отношение оптимальной высоты к диаметру описанной окружности стержня $k = \frac{a_{onm}}{D}$. При этом оптимальная ширина легко может быть найдена по выраже-

нию - $b_i = \sqrt{R^2 - (\frac{a_{i(onm)}}{2})^2} - b_0$ где R - радиус описанной окружности стержня, а b_0 - сумма $i-1$ толщин стали, i - номер ступени (для удобства первый пакет стали программа считает как половину от его реальной ширины).

Выводы: Реализованная программа обладает следующими преимуществами:

- избавляет проектировщика от рутинной работы
- облегчает и ускоряет процесс решения
- дает возможность получить оптимальную геометрию пакетов для выбранных стержней
- учитывает возможность установки пресс-полосы заданной ширины, с сохранением оптимальности заполнения пакетов стали стержня.
- подбирает нормализованное значение геометрии стержней, которое есть в наличии проектировщика

В ходе проделанной работы была также дополнена таблица с коэффициентами оптимальной геометрии стержней по высоте, в ходе проектирования трансформатора

Список литературы

1. Тихомиров П.М. Расчёт трансформаторов 5-е издание. Учеб. пособие для вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 528 с.
2. Кацман М.М. Электрические машины Издательство: Высшая школа. 1976г. 216 с

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА СТАРТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ СТЕКЛА В ХОЛОДНОМ ТИГЛЕ

В. А. Тоскунов, А. П. Мартынов, И. Н. Скриган, Д. Б. Лопух, А. В. Вавилов

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований по индукционному нагреву стартowych колец нескольких типов с целью определения наиболее оптимальной формы кольца для осуществления более эффективного стартового нагрева.

Ключевые слова: индукционная плавка, холодный тигель, остекловывание, высокоактивные отходы, моделирование, расчеты, эксперимент, стартовый нагрев, стартовое кольцо.

С развитием атомной энергетики возникла необходимость захоронения радиоактивных отходов (РАО). В настоящее время одним из наиболее перспективных и эффективных методов иммобилизации РАО является остекловывание методом индукционной плавки в холодном тигле (ИПХТ). Для осуществления данного процесса необходимо проведение стартового нагрева сторонними источниками тепла [1, 2].

Широкое применение в качестве стартового материала для ИПХТ стекол получили металлические стартовые кольца (далее, кольца). Это объясняется возможностью много-разового использования материала, а, также его незначительным влиянием на химический состав стекла. Кроме того, использование металлических колец в качестве стартового материала не приводит к снижению срока службы печи.

Форма и размеры кольца существенно влияют на характеристики стартового нагрева, поэтому, вопрос выбора наиболее оптимальной формы кольца является актуальным.

Исследование условий индукционного нагрева колец для ИПХТ стекла выполнено в Лаборатории ИПХТ на кафедре ЭТПТ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Исследование проводили с использованием колец трех типов: «цилиндр», «ромашка», «зигзаг» и «смешанное», см. рисунок 1.

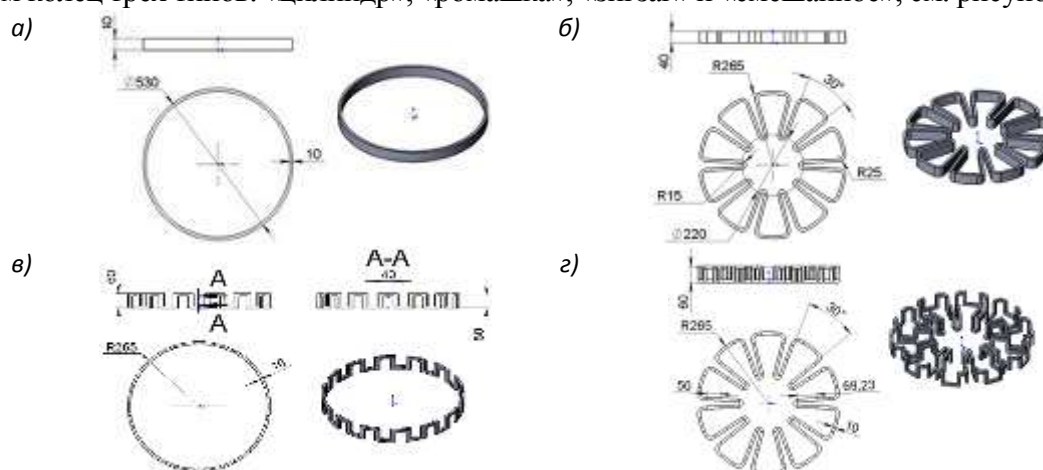


Рис. 1. Варианты стартовых колец: а) – цилиндр, б) – ромашка, в) – зигзаг, г) – смешанное

Расчетные исследования проводили с использованием разработанной 3D электромагнитной модели [3] нагрева колец из нержавеющей стали с одинаковым наружным диаметром 500 мм в охватывающем двух витковом индукторе с внутренним диаметром 710 мм на частоте тока 440 кГц и активной мощностью, подведенной к индуктору, равной 20 кВт. Распределение источников тепла в кольцах представлено на рисунке 2.

Рассматриваемые варианты колец имеют разные значения площади наружной поверхности и длины протекающему току, а, также различную магнитную связь с индуктором, предсказать которую затруднительно. Поэтому, невозможно заранее определить совокупное влияние всех факторов на температуру нагрева кольца. Кольца типа «цилиндр», см. рисунок 1 а и б, являются самыми простыми в изготовлении. Однако, они обладают наименьшими значениями активного сопротивления и площади теплоотдающей поверхности к стеклу. Кольца типа «ромашка», «зигзаг» и «смешанное», имеют большее активное сопротивление благодаря увеличению длины провода кольца и лучшего нагрева стекла в глубину и по высоте стартовой ванны расплава, соответственно. Однако, площадь теплоотдающей поверхности этих колец значительно выше. В таблице 1 представлено сравнение электрических параметров рассчитанных вариантов индукционных систем с различными кольцами. Из данных таблицы видно, что кольцо типа «цилиндр» нагревается значительно лучше, чем кольца двух других типов, поскольку индуктивность индуктора является наименьшей, благодаря наилучшей магнитной связи кольца с индуктором.

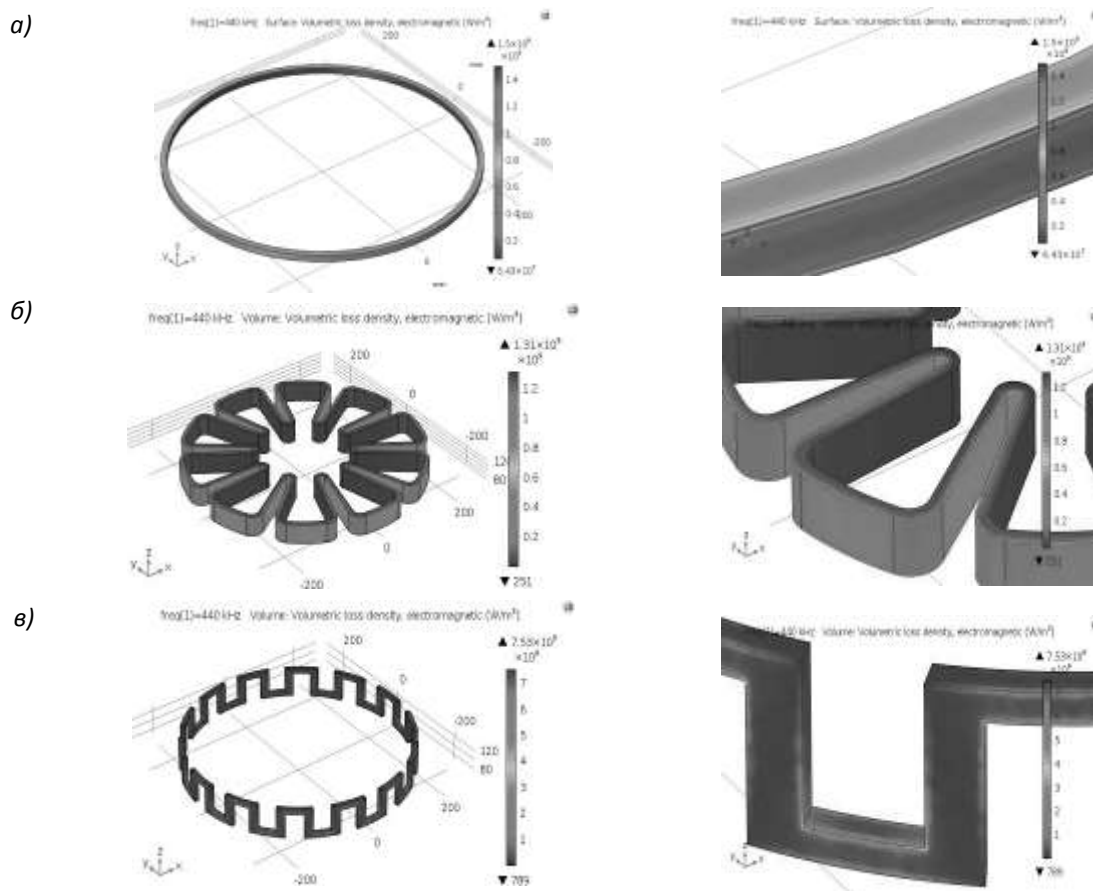


Рис. 2. Распределение источников тепла: а) – цилиндр, б) – ромашка, в) – зигзаг

Вторым по эффективности нагрева является кольцо типа «зигзаг», что определяется большей длиной пути протекания тока в кольце, несмотря на худшую магнитную связь и наибольшую индуктивность индуктора.

Таблица 1

№	Вариант стартового кольца	Цилиндр	Ромашка	Зигзаг	Смешанное
1	Индуктивность системы L_1 , нГн	3,13	3,29	3,18	3,62
2	Активная мощность в индукторе $P_{\text{инд}}$, кВт	4,20	4,40	3,40	3,72
3	Активная мощность в кольце $P_{\text{кольца}}$, кВт	15,80	15,60	16,60	16,28
4	Электрический КПД индуктора η , %	79,0	78,0	83,0	81,4
5	$\cos \phi$ индуктора	0,0046	0,0047	0,0061	0,0042
6	Напряжение на индукторе U_1 , кВ	6,11	6,22	5,37	6,91
7	Действующее значение тока индуктора I_1 , А	706,54	684,31	610,42	691,00
9	Среднее значение удельной поверхностной мощности, выделяемой в кольце $P_{\text{кольца}}/S_{\text{кольца}}$, Вт/см ²	24,31	3,78	11,50	4,87

При сравнении двух наилучших вариантов колец типа «зигзаг» и «цилиндр» можно отметить, что при одинаковом поперечном сечении колец лучшая магнитная связь с индуктором и большее среднее значение удельной поверхностной мощности, выделяемой в кольце, определяют наилучший нагрев кольца типа «цилиндр».

При проведении экспериментальных исследований использовали ламповый генератор ВЧИ 11 – 60/1.76, медный двух витковый индуктор с внутренним диаметром 400 мм и яркостной пирометр с установленным коэффициентом черноты 0.78. Использовали кольца с одинаковым наружным диаметром из проволоки углеродистой стали диаметром 5 мм и располагали их по центру индуктора. В целях определения влияния поперечного сечения стартового материала на характеристики нагрева кольцо типа «цилиндр» было изготовлено в двух вариантах: с диаметром поперечного сечения 5 мм и 16 мм. На рисунке 3 представлены внешние виды стартовых колец во время нагрева при одном значении тока индуктора.

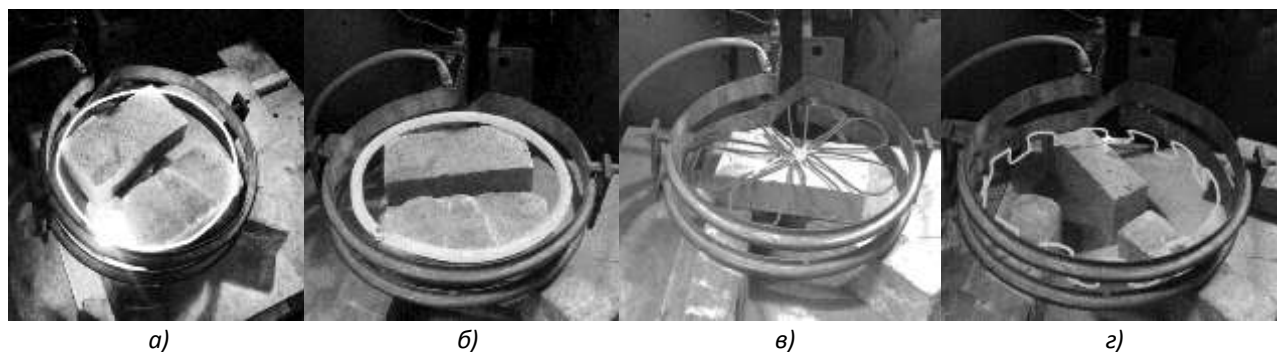


Рис. 3. Внешние виды нагрева колец в индукторе: а) – цилиндр с диаметром поперечного сечения 5 мм, б) – цилиндр с диаметром поперечного сечения 16 мм, в) – ромашка, г) – зигзаг

Для проведения исследований использовали разработанный автоматизированный измерительный стенд [4]. Результаты измерений показаны в таблице 2.

Таблица 2

№	Наименование параметра	Цилиндр D = 5 мм	Цилиндр D = 16 мм	Цилиндр D = 16 мм при боль- шем токе	Ромашка	Зигзаг
1	Напряжение на аноде генераторной лампы, кВ	9,52	9,53	10,84	9,55	9,53
2	Ток анода генераторной лампы, А	0,98	1,29	1,45	1,08	1,09
3	Напряжение на индукторе, кВ	4,50	4,03	4,53	5,54	5,29
4	Ток индуктора, А	275	272	310	274	277
5	Коэффициент мощности индуктора, приведенный к наименьшему значению	1,1004	1,1639	1,1639	1	1,0286
6	Максимальная температура кольца, °С	1100	950	1050	> 900	911
7	Объем расплава вокруг кольца, см ³	2287	7318	7318	5207	2940
8	Приведенная мощность излучения	1	2,02	2,02	> 0,53	0,55

Объем расплава стекла вокруг кольца рассчитан при условии образования расплава стекла по толщине от наружных размеров кольца, равной 1 см. Приведенная мощность излучения является мощностью излучения от кольца, приведенная к значению мощности кольца типа «цилиндр 5 мм». Результаты математического моделирования и данные тестов хорошо согласуются между собой, что свидетельствует о корректности полученных результатов. В частности, установлено, что:

- Наименее предпочтительным является использование кольца типа «ромашка» и «смешанное», поскольку для обеспечения необходимой температуры колец данного типа требуется наибольшее напряжение на индукторе.
- Несколько лучший нагрев получен при использовании кольца типа «зигзаг» благодаря лучшей магнитной связи с индуктором.
- Наиболее предпочтительным является использование кольца в виде круга. Из-за малой длины проходящему току конструкция обладает наименьшим электрическим сопротивлением, но, наилучшей магнитной связью с индуктором.
- Увеличение поперечного сечения кольца типа «цилиндр» привело к уменьшению температуры кольца, однако, при этом, значительно увеличилась стартовая ванна расплава стекла.

Сложная конфигурация колец «ромашка», «зигзаг» и «смешанное» при нагреве может привести к деформации колец и замыканию отдельных частей колец с образованием дуговых разрядов, вызывая локальный перегрев и разрушение колец.

Увеличение диаметра поперечного сечения кольца повышает срок его службы для многократного использования.

Список литературы

1. Петров Ю.Б. Индукционная плавка окислов. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1983. 104 с.
2. Лопух Д. Б. Разработка технологии и оборудования для отверждения имитаторов радиоактивных отходов методом индукционной плавки в холодных тиглях. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. - ЛЭТИ. – Ленинград, 1987, 294 с.
3. D. Lopukh, I. Skrigan, A. Vavilov, A. Martynov. “The Research and Development of Innovative Cold Crucible Induction Melter for Vitrification of High-Level Waste Containing Noble Metals”, in Proc. of the 2018 IEEE, El-ConRusNW 2018. Saint Petersburg, 2018, pp. 481–488. ISBN 978-1-5386-4339-6.
4. Лопух Д.Б., Вавилов А. В., Мартынов А.П., Роуч Д.А., Ричардсон Д.Г. Исследование электрических характеристик параметров индукционной плавки в холодном тигле / Д.Б. Лопух и др. // Индукционный нагрев. –2010. –№2, СПб, с. 20-31.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА БАЗЕ ГИС

М.А. БЛИГЗНА, Е.Н. ЖДАНОВА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Описываются подходы к оценке природных и техногенных рисков. Рассмотрены способы уменьшения опасных явлений и смягчение последствий ЧС, а также возможность снижения рисков и управление рисками. Обосновывается необходимость разработки геоинформационного проекта для оценки технических и экологических рисков в районах падения отделяемых частей ракет.

Ключевые слова: геоинформационные системы, чрезвычайные ситуации, риски, мониторинг, космические объекты, ракета-носитель

В настоящее время более 100 стран мира занимаются осуществлением космической деятельности, но только Россия, США и Китай реализуют все направления этой деятельности. Здесь Россия занимает лидирующее место, имея у себя в наличии такие космодромы, как: «Байконур», «Капустин Яр», «Восточный» и «Плесецк». Особое место среди них занимает космодром «Восточный», являющийся самым молодым космодромом России. В его обязанности входит обеспечение подготовки и запуска космических аппаратов различного назначения, транспортных грузовых кораблей и модулей орбитальных станций.

Все пуски ракет космического назначения сопровождаются сбросом отработавших элементов конструкции (ступени, головного обтекателя, хвостовых, соединительных отсеков, других элементов), которые, совершая неуправляемый спуск, падают на поверхность Земли. Эти конструкции, как правило, попадают в отведенные для этого районы. Но при падении имеет место возникновение чрезвычайных ситуаций, которые главным образом влияют на экологическую обстановку. Также стоит учитывать, что хоть места падения ступеней тщательно высчитаны, есть вероятность отклонения ракет от курса следования, что может привести к катастрофическим последствиям. На рис. 1 представлен сброс отработавших элементов конструкции.



Рис. 1 – Сброс отработавших элементов конструкции ракеты-носителя

Рассматриваемой территорией выбрана территория Хабаровского края, на которой находится анализируемый космодром «Восточный».

На рис. 2 представлено расположение районов падения составных частей ракеты-носителя «СОЮЗ-2».

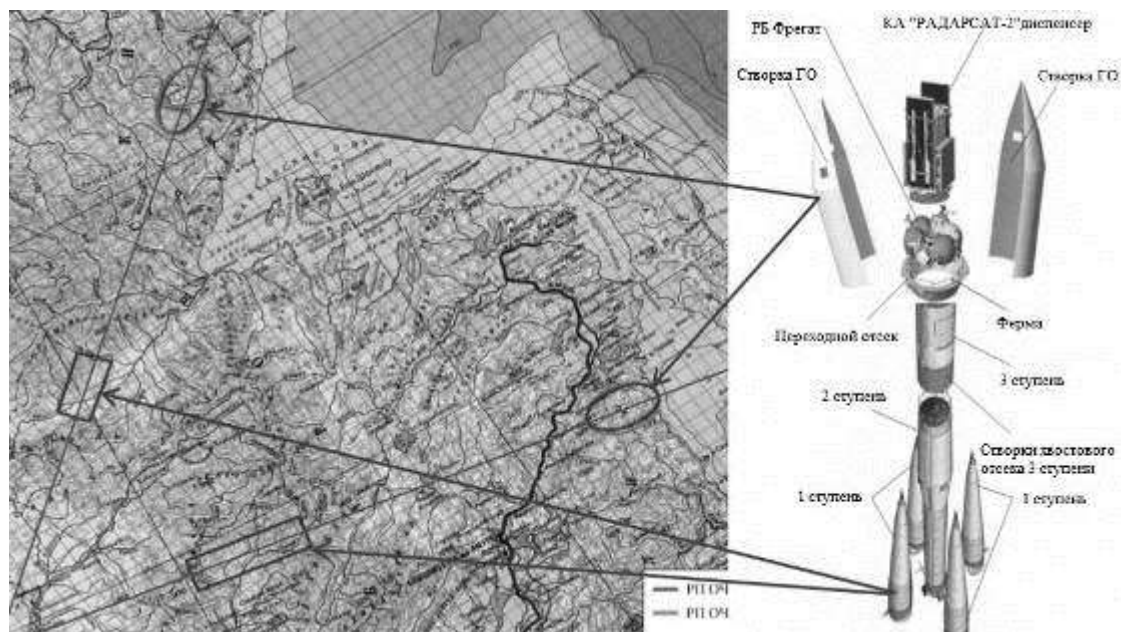


Рис. 2 – Районы падения отработавших элементов конструкции ракеты-носителя «СОЮЗ-2»

Согласно программе стратегического развития космонавтики, на период до 2030 года предусмотрено решение проблем обороны и безопасности страны, удовлетворение потребностей социально-экономической сферы, формирование единого информационного пространства на основе космических средств [1].

Разрабатываемый проект по оценке технических и экологических рисков на базе геоинформационных систем предназначен для мониторинга за космическими объектами, анализа состояния и выработки рекомендаций для принятия решений.

Любая безопасность достигается путем управления рисками. Риском же является вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда [2]. В статье рассматриваются следующие виды рисков:

- технический риск;
- экологический риск.

Прогнозирование риска, обнаружение оказывающих большое влияние условий, принятие мер для его уменьшения посредством изменения данных условий с учётом эффективности принимаемых мер является управлением риска.

Управлением риска в общем случае, является создание и подтверждение оптимальных программ деятельности, которые должны эффективно осуществить решения в области обеспечения защиты. Основным компонентом такого рода деятельности является процесс рационального распределения ограниченных ресурсов для уменьшения любых видов риска ради достижения такой степени защищённости, которая только возможна с точки зрения экономических и социальных факторов. Данный процесс базируется на мониторинге

окружающей среды и анализе риска. С целью управления рисками необходимо совершенствовать:

- систему мониторинга, анализа риска и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- систему предотвращения чрезвычайных ситуаций и механизмы государственного регулирования рисков;
- систему ликвидации чрезвычайных ситуаций, включая оперативное реагирование на ЧС, технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных работ, первоочередного жизнеобеспечения и реабилитации пострадавшего населения;
- систему подготовки руководящего состава органов управления, специалистов и населения в области снижения риска и смягчения последствий ЧС.

Чрезвычайные ситуации, как опасные события, могут оказывать влияние на большое количество людей, поэтому последствия этого влияния определяются именно количеством этих пострадавших. Тогда, необходим учет количества людей, находящихся в вероятностных зонах поражения. Для этого вычисляется коллективный риск с помощью выражения:

$$R_K = H_i \cdot M_i(N),$$

где R_K – коллективный риск при чрезвычайной ситуации; H_i – вероятность наступления чрезвычайной ситуации за год; $M_i(N)$ – математическое ожидание потерь населения.

Также воздействию опасных событий подвержены технические объекты. Источниками этих опасных событий могут быть как внешние, так и внутренние. К внешним источникам относятся природные, техногенные и социальные явления и события. К внутренним источникам относятся надежность объектов и технических систем, а также надежность персонала. Рассчитать технический риск можно по формуле [3]:

$$R_T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_i \cdot P_{ij} \cdot Y_{ij},$$

где R_T – величина технического риска; i – количество расчетных вариантов появления аварии; j – количество типов влияния поражающих факторов при реализации i -го варианта аварии; λ_i – частота реализации i -го варианта появления аварии; P_{ij} – вероятность реализации j -го типа воздействия для i -го варианта аварии; Y_{ij} – размер ущерба материальным ресурсам, обусловленного реализацией j -го типа воздействия.

В результате падения отделяемых частей ракет имеет место экологический риск. Этот риск выражает вероятность нарушения нормального состояния окружающей среды в следствие вмешательства, и может проявляться как в зонах этого вмешательства, так и за их пределами. Рассчитать экологический риск можно по формуле:

$$R_E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \lambda_i \cdot P_{ij} \cdot P_{ijk} \cdot Y_{ijk},$$

где R_E – величина экологического риска; i – количество расчетных вариантов появления аварии; j – количество типов поражающих факторов, которые определяют характер влияния на объекты природной среды, при реализации i -го варианта аварии; k – количество объектов природной среды; λ_i – частота реализации i -го варианта аварии; P_{ij} – вероятность реализации j -го типа поражающего фактора для i -го варианта аварии; P_{ijk} – вероятность появления последствий по k -му объекту природной среды; Y_{ijk} – последствия для k -го объекта природной среды под влиянием j -го поражающего фактора при реализации i -го варианта аварии.

Для решения подобного рода задач очевидна необходимость применения современных информационных технологий, при этом необходимо учитывать особенности рассматриваемой территории, такие как протяженность и климатические условия, а также вид и степень влияния космических объектов, оказывающих влияние на состояние окружающей среды.

Таким образом, необходимо разработать систему мониторинга за космическими объектами для минимизации и предотвращения чрезвычайных ситуаций и оценки возможных рисков. Для этого целесообразно применение геоинформационных систем (ГИС).

ГИС обеспечивает получение, хранение, обработку, отображение и распространение пространственных данных, в их цифровом представлении [4]. ГИС эффективны во всех сферах, в которых совершается учёт и управление территорией, а также объектами, находящимися на ней. Эти системы дают возможность наиболее точно производить оценку как участков различной величины, так и отдельных объектов; осуществлять мониторинг экологической ситуации и вести учёт численности, структуры и распределения населения.

В дальнейшем, на базе созданного геоинформационного проекта планируется осуществить систему, которая дала бы возможность оценивать технические и экологические риски в районах падения отделяемых частей ракет в режиме реального времени. В результате, будет получена модель влияния технических и экологических рисков в районах падения отделяемых частей ракет с учетом условий окружающей среды (скорость и направление ветра, осадки, температура), а также составлены результаты о состоянии объектов, находящихся в зоне поражения. На основе полученных результатов появится возможность оценить вероятность их повторения и спрогнозировать возможные сценарии возникновения ЧС.

Список литературы

1. Коптев Ю.Н. Стратегия развития космической деятельности России до 2030 года и на дальнейшую перспективу: проект. Москва, 2012. 28 с.
2. О техническом регулировании : федер. закон Рос. Федерации от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 декабря 2002 г. : одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 декабря 2002 г.
3. Лекция № 11 Основные расчетные показатели риска. URL: [http://moodle.kubstu.ru/kubstu/ntsitr/konsp/%CB%E5%EA%F6%E8%FF%2011%20\(3%D0\).pdf](http://moodle.kubstu.ru/kubstu/ntsitr/konsp/%CB%E5%EA%F6%E8%FF%2011%20(3%D0).pdf)
4. Раклов В.П. Картография и ГИС : учеб. пособие. М.: ГУЗ, 2008. 118 с.
5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах : учеб. пособие. М.: Деловой экспресс, 2004, С. 29-232.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ГАЙМОРИТА

С.А. АНИСИМОВ, И.С. БОБРИКОВ, Е.А. СОБОЛЕВ, М.А. РЫБИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Цель проекта – создание ультразвукового прибора для определения воспалений лобной и гайморовой придаточных пазух носа. Используемый метод ультразвуковой эхосинускопии относительно прост и позволяет максимально быстро получать результаты.

Ключевые слова: гайморит, пазухи носа, эхосинусоскоп

Данный сканер носовых пазух работает по принципу ультразвуковой диагностики: импульс, генерируемый этим устройством, отражается от стенок гайморовых пазух. После того, как отраженный сигнал возвращается, устройство выполняет анализ полученного сигнала и выводит данные в виде удобных для человеческого восприятия графиков и диаграмм через виртуальный инструмент. Сигнал от здоровых, свободных гайморовых пазух отличается от сигнала, который отразился от пазух, заполненных жидкостью появлением второго пика на графике.

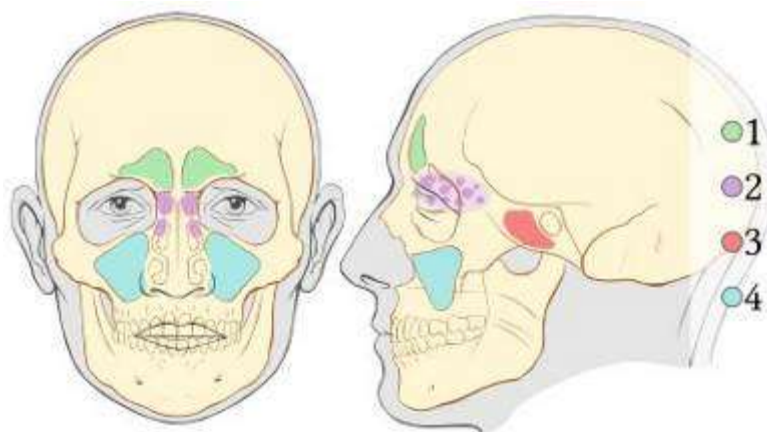


Рисунок 1 Расположение гайморовых пазух в черепе

С помощью этого прибора можно быстро и достаточно точно поставить диагноз. Как следствие, врач сможет назначить эффективный вариант лечения, а также, своевременно корректировать его.

Вывод данных с устройства происходит через USB – кабель, который подключается к компьютеру. Так же предусмотрено наличие виртуального инструмента с выводом результатов на график. Используется инструмент, разработанный с помощью программы LabVIEW.

Удобство прибора заключается в том, что для анализа результатов исследования не придётся назначать специального сотрудника. Проанализировать данные способен сам врач во время приёма. Также подготовка пациента заключается лишь в нанесении контактирующего геля, что упрощает диагностику. При этом, частота излучаемых колебаний находится в пределах допустимой нормы. Это не наносит вред здоровью при многократном использовании. Кроме того, использование прибора не имеет противопоказаний, в отличие от традиционной рентгенографии, следовательно, его можно применять при диагностике заболеваний у беременных женщин и детей. Исследование займёт меньше минуты, что делает этот прибор очень эффективным портативным средством диагностики заболеваний гайморовых пазух.

Характеристики прибора:

- Работа в импульсном режиме;
- Частота излучения – 5 МГц;
- Напряжение питания – 5 В;
- Подключение через USB
- Габариты 15х5х3 см.

Список литературы

1. Л.В. Осипов. Ультразвуковые диагностические приборы Москва: Изомед, 2011 г.

2. Принцип работы эхосинускопа [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://sinuscan.ru/> (дата обращения 29.12.2017)

3. Преимущества эхосинускопа [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.medsouyz.ru/frm/oriola_kd/0/sinuscan.html/ (дата обращения 29.12.2017)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАРЯДА КОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ

А.М. ВОЛЫНОВ, М.А. ЛАРИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе приведены результаты разработки источника для заряда высоковольтной конденсаторной батареи, используемой для получения мощных токовых импульсов. Основой источника является высоковольтный трансформатор, падающая характеристика которого создаётся за счёт воздушного зазора в его магнитной цепи. Источник, для безопасности и удобства его использования, оснащён выносным пультом управления режимами работы с индикацией напряжения заряда.

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, конденсаторная батарея, зарядка

Ультрадисперсные частицы (УДЧ) металлов широко применяются в технической, технологической и медицинской отраслях: новые материалы, катализаторы химических реакций, разнообразные методы обеззараживания с использованием УДЧ серебра и др. В лаборатории «Импульсные электротехнологии» СПбГЭТУ «ЛЭТИ» разработан метод получения ультрадисперсных частиц с одновременным нанесением их на подложку в импульсном газовом разряде при атмосферном давлении [1]. Метод предполагает расплавление и диспергирование металла в мощном импульсном дуговом разряде, перемещающемся по поверхности электродов в собственном магнитном поле.

Для того, чтобы диспергировать металл, нужно подействовать на него потоком энергии, плотность мощности которого должна достигать уровня $10^7 - 10^8$ Вт/см². Такие потоки энергии можно получить только с использованием импульсных режимов специальных источников питания. Подобные источники позволяют накопить энергию за время 1-100с, при средней потребляемой от сети мощности в несколько кВт, и выделить её в нужном месте за короткий промежуток времени (10^5 - 10^4 с). Одной из систем, где используется подобный принцип работы, является рельсовый плазменный ускоритель. Экспериментальная установка, созданная для диспергирования металлов в мощном дуговом разряде основана на тех же самых принципах, что и рельсотронный ускоритель, и нуждается в импульсном источнике питания.

Можно запастись либо энергией магнитного поля (индуктивные накопители [2]), либо электрического поля (ёмкостные накопители). При относительно не больших запасаемых в накопителях энергиях (до 10^5 Дж), более предпочтительным является ёмкостной накопитель энергии, так как в нем отсутствуют механические движущиеся части.

Сложность создания системы, которую обычно называют зарядным устройством (ЗУ), заключается в том, что в процессе заряда напряжение на выходе этого устройства должно изменяться от 0 (незаряженная батарея) до нескольких кВ. Т.е., ЗУ должно представлять собой источник с падающей внешней вольтамперной характеристикой. При этом, ток короткого замыкания этого источника должен быть ограничен допустимым током вторичной обмотки трансформатора и используемых выпрямительных элементов. Существуют различные способы реализации падающей внешней вольтамперной

характеристики: использование «балласта» [3,4,5], времяимпульсной модуляции [7], использование специальных трансформаторов с воздушным зазором [8]. Последний способ реализуем наиболее просто. И именно поэтому мы остановились на подобной конструкции источника.

Разработанный высоковольтный источник питания состоит из высоковольтного трансформатора с падающей внешней вольтамперной характеристикой, высоковольтного выпрямителя и сглаживающего RC фильтра. Принципиальная схема источника представлена на рисунке 1.

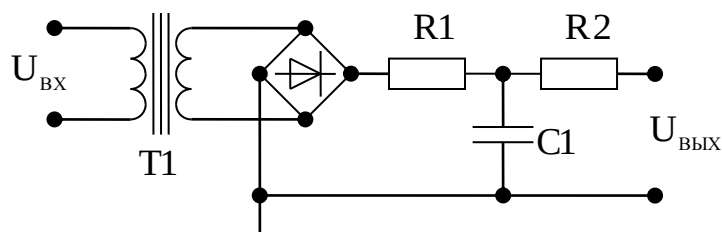


Рис.1 Принципиальная схема высоковольтного источника питания

Чтобы уменьшить время заряда, напряжение холостого хода источника было выбрано существенно более высоким (7 кВ), чем то, до которого должна заряжаться батарея конденсаторов с предельным напряжением 5 кВ. Поэтому, в разрабатываемой системе особое внимание было уделено защите конденсаторов от перезаряда (в выносном пульте был установлен триггер Шмидта, который при превышении значения напряжения 4 кВ снимает напряжение с микроконтроллера, обеспечивая отключение питания источника).

Используемый трансформатор Т1 (см. рис. 1.) типа ТВМШ-2-220-50 является трансформатором с падающей внешней вольтамперной характеристикой. Первичная обмотка используемого трансформатора рассчитана на входное напряжение с действующим значением 220 вольт. Действующее значение напряжения холостого хода вторичной обмотки трансформатора составляет 5 кВ, соответственно, с его использованием можно зарядить конденсаторную батарею до 7 кВ. Среднее значение тока короткого замыкания высоковольтного трансформатора составляет 0,6 А.

Следующей задачей после выбора высоковольтного трансформатора является разработка высоковольтного выпрямителя. В качестве схемы высоковольтного выпрямителя была выбрана классическая двухполупериодная мостовая схема выпрямления. Каждый высоковольтный выпрямитель должен выдерживать обратные напряжения значительно больше амплитудного значения напряжения трансформатора при работе источника в режиме холостого хода, и выдерживать среднее значение прямого тока.

Из-за таких нагрузок, высоковольтный однофазный мостовой двухполупериодный выпрямитель выполнен из четырех вентилях, каждый из которых представляет собой диодную сборку. В качестве диодов сборки были выбраны диоды Д1006. Диод Д1006 рассчитан на максимальное обратное напряжение 6 кВ, максимально допустимый средний прямой ток 100 мА, максимальный обратный ток 100 мкА, максимальную рабочую частота 1 кГц и максимально допустимую рабочую температуру 100°C. Для того, чтобы удовлетворять вышеизложенным требованиям, вентиль должен состоять из десяти диодов. Чтобы обеспечить необходимую пропускную способность по току с коэффициентом запаса более 1,5, каждые пять диодов в сборке должны быть включены параллельно. Получившиеся две группы из пяти диодов должны быть включены последовательно, чтобы

выдерживать обратное напряжение с коэффициентом запаса более 1,5. Принципиальная схема вентиля представлена на рисунке 2.

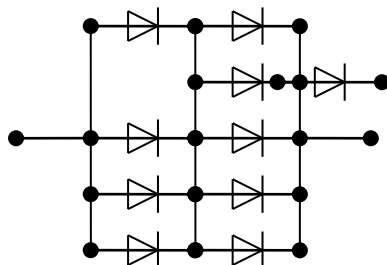


Рис.2 Принципиальная схема вентиля высоковольтного выпрямителя, выполненного в виде диодной сборки

Такая схема включения диодов (рисунок 2) позволяет в два раза увеличить максимально допустимое обратное напряжение вентиля и в пять раз увеличить его максимально допустимый средний прямой ток. Также, обратный ток вентиля оказывается довольно большим, из-за чего установка выравнивающих обратное напряжение резисторов не требуется.

Сглаживающий RC фильтр состоит из мощных проволочных резисторов R1 и R2 (см. рис. 1) ПЭ-50 с номинальным сопротивлением 30 Ом и номинальной мощностью 50 Вт, а также конденсатора С1 (см. рис. 1) К75-15 с номинальной емкостью 1мкФ и максимально допустимым напряжением 10кВ.

После того, как высоковольтный источник питания был разработан и изготовлен, было произведено экспериментальное исследование его внешней вольтамперной характеристики (рисунок 3).

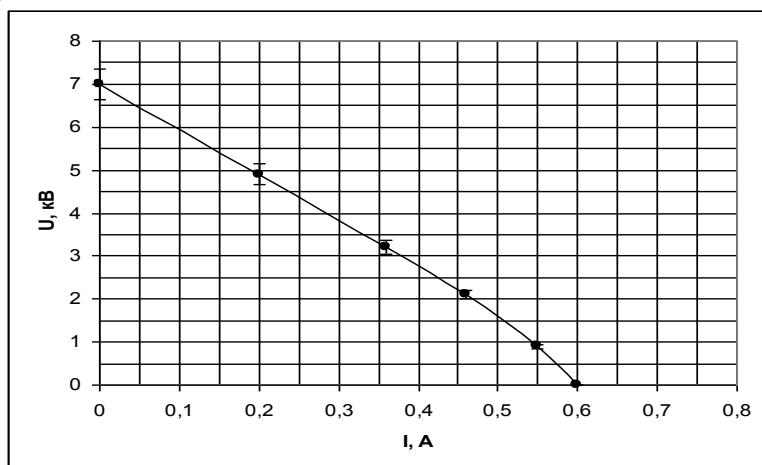


Рисунок 3. Внешняя вольтамперная характеристика высоковольтного трансформатора

Для того, чтобы дистанционно, и, следовательно, безопасно, задавать напряжение, до которого необходимо зарядить конденсаторную батарею, запускать процесс зарядки и измерять напряжение на ней, система оснащена выносным пультом управления (рисунок 4). Выносной пульт управления состоит из микроконтроллера, двухразрядного семисегментного дисплея (для отображения значения напряжения в киловольтах) и органов управления (для включения и выключения питания выносного пульта, установки напряжения, до которого предполагается зарядить конденсаторную батарею и запуска процесса зарядки).

Результаты исследования зависимости напряжения на конденсаторной батарее в 500 мкФ от времени заряда приведены на рис.5. В ходе экспериментальных исследований на выносном пульте управления выставлялись значения напряжения, до которого предполагается зарядить конденсаторную батарею с шагом 0,5 кВ.

При включении процесса заряда запускаялся секундомер, а при выключении останавливался. Для каждой экспериментальной точки было произведено 100 измерений.



Рис.4 Общий вид пульта управления (рисунок 5).

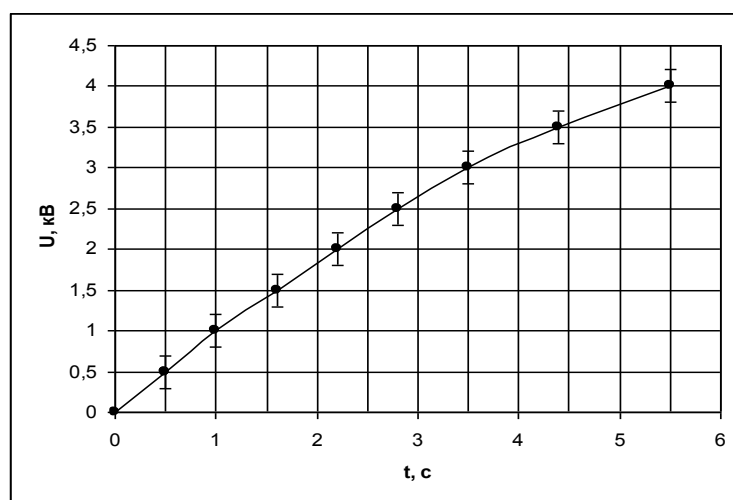


Рис.5 Кривая зарядки конденсаторной батареи

Разработанная система заряда конденсаторной батареи существенно повысила безопасность работы с установкой и, за счёт автоматического заряда накопительной конденсаторной батареи, более чем в три раза уменьшила время её заряда, увеличив производительность технологической системы.

Список литературы

1. Самсонов Д.С., Электроимпульсная технология получения ультрадисперсных материалов, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014г.
2. В.М. Опре. Основы силовой импульсной техники. Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2013 г.
3. О.Г Булатов, В.С. Иванов, Д.И. Панфилов. Полупроводниковые зарядные устройства емкостных накопителей энергии. Издательство «Радио и связь» 1986 г.
4. Бердинских Г.С. Зарядка конденсатора от генератора переменного тока через выпрямитель и дополнительную емкость. – Вестник Киевского политехнического института. Сер. Электротехника, 1970, № 7, с. 41 – 46.
5. Маевский О.А., Данилевич О.И., Гончаров Ю.Л. Заряд конденсатора от выпрямителя с индуктивным ограничением тока. – Известия вузов. Электромеханика, 1969, №11, с. 1183 – 1189.
6. Пат. 2497273 РФ, Способ заряда емкостного накопителя электрической энергии и устройства его осуществления (варианты). Рыбаков Д.В., Коршунов Г.А., Каргу Д.Л., Николаев А.Г., Быстров В.К.
7. Пат. 2050682 РФ, Устройство для заряда емкостного накопителя. Булычев Ю.Л., Иванов С.Ю., Османов И.С. Опубл. 20.12.1995.
8. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением. — Л.: Машиностроение, 2000. — 468 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ОПТИЧЕСКИМ ТРАКТОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

И.В. ДУБЫНИНА

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ — КУЗНЕЦОВА ОЛЬГА ВАЛЕРЬЕВНА, К.Т.Н.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе выявлены особенности элементной базы современных фотометров, а также недостатки существующих моделей. После анализа элементной базы были предложены возможные пути модернизации устройств.

Ключевые слова: фотометр, информационно-измерительная система, оптический тракт преобразования сигналов, элементная база фотометров, модернизация фотометров, особенности элементной базы фотометров.

Фотометр (фотоколориметр) представляет собой оптический аналитический прибор для количественного определения химического состава различных образцов. В настоящее время фотометрический метод анализа широко применяется в промышленности, медицине, для контроля качества пищевых продуктов, питьевых и сточных вод, химических продуктов, металлов и сплавов, экологических объектов и т.д. Так, например, существуют модели для определения функциональной активности внутренних органов по изменению оптических свойств кожи человека или же приборы, позволяющие оценить количество глюкозы, гемоглобина, кальция и других веществ в крови человека [1]. Именно поэтому можно сказать, что разработка новых моделей и модернизация уже существующих экземпляров актуальна – от качества приборов зависят жизни и безопасность людей.

В основе работы этих аппаратов лежит принцип поглощения излучения определённой длины волны при его прохождении через исследуемый образец. Если в качестве инструмента контроля используется человеческий глаз, то такие приборы называются визуальными. В случае наличия электронного преобразователя излучения фотометры относятся к физическим.

Главными рабочими характеристиками этих приборов являются диапазон излучения источника, точность установки длины волны, чувствительность приёмника.

Целью данной работы является анализ элементной базы современных фотометров и выявление ее особенностей и недостатков, поиск возможных способов модернизации.

В силу широкой области применения, современные фотометры могут существенно отличаться друг от друга. В некоторых случаях необходимы портативные приборы, работающие на батарейках и помещающиеся в карман. В медицинских лабораториях используются крупногабаритные приборы, для работы которых необходимо подключение к электрической сети.

Основными элементами, определяющими характеристики приборов, являются фотоэлементы, монохроматизаторы и осветительные элементы.

В качестве фотоэлементов могут применяться отдельные фотодиоды, фотодиодная решетка или фоторезисторы. Количество фотоэлементов определяет разрешающую способность прибора. Монохроматизаторами служат призмы, светофильтры и дифракционные решетки. При чем последние обладают гораздо большей стоимостью, но в то же вре-

мя обеспечивают линейную дисперсию во всем диапазоне, в отличие от призм и светофильтров. Также наличие дифракционной решетки требует наличия в схеме датчика угла поворота дифракционной решетки [2, 3].

Основными источниками света являются вольфрамовые лампы накаливания, газонаполненные лампы (водородная, ртутная), штифт Нернста, лазер.

Большинство фотометров на данный момент имеют возможность хранить сделанные ранее сделанные измерения и выводить данные последнего на небольшой экран на самом устройстве. В некоторых моделях для передачи данных на стационарный компьютер используется bluetooth или же usb-порт.

В результате проведенного анализа были выявлены основные компоненты фотометров, существенно влияющие на характеристики приборов. В дальнейшем планируется усовершенствование блока управления фотометром с дифракционной решеткой так, чтобы, обладая минимальными габаритами, он мог передавать полученные данные через wi-fi модуль на стационарный компьютер. Так же возможна модернизация таким образом, чтобы происходил параллельный анализ сразу нескольких образцов с целью их сравнения не только с эталоном, но и между собой. На данный момент, большинство фотометров обладают возможностью анализировать только один образец или же два образца параллельно – не более.

Список литературы

1. Мухин В.К. Жусь Г.В. Лабораторный практикум «Фотометрирование при помощи фотоэлемента» Методические указания. – Ярославль: ФГБОУ ВПО Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, 2013. – 73 с.
2. Стифатов Б.М. Фотометрия: метод. указ. к лаб. работам. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 34 с.
3. Жукова Е.В. Методическое пособие «Фотометрия и колориметрия. Основы оптики (физическая оптика)»[Электронный ресурс]/ Жукова Е.В., Золотарев В.М., Красавцев В.М., Маргарянц Н.Б. – Электрон. текст. дан. – Санкт-Петербург, СПбГУ ИТМО, 2009. – Режим доступа: <https://studopedia.info>.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ГОНИОМЕТР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЦФПУ

И.Б. ЖУРАВЛЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В этой статье рассказывается о строении и принципе действия динамических гониометров, как производится контроль параметров ЦФПУ

Ключевые слова: датчики угла, динамический гониометр

Цель работы:

Данная работа посвящена контролю параметров ЦФПУ при помощи динамического гониометра

Актуальность метода и решение поставленных задач:

Цифровые фотоэлектрические датчики угла относятся к виду абсолютных датчиков и используются для высокоточных измерений. Поэтому необходим соответствующий контроль следующих параметров[1]:

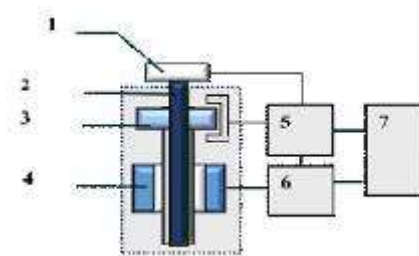
- информационная емкость (общее число кодов);
- монотонность следования значений кода;

- максимальное значение погрешности (статическая погрешность) угловых координат смены значений кода при рабочей частоте (скорости) вращения вала;
- достоверность кода в статическом режиме;
- максимальное значение погрешности (динамическая погрешность) угловых координат смены значений кода при максимальной рабочей частоте (скорости) вращения вала;
- достоверность кода в динамическом режиме.

Одним из наиболее эффективных и перспективных приборов для контроля данных параметров является динамический гониометр.

Принцип динамического гониометра заключается в сравнении двух угловых шкал (контролируемой и образцовой) при совместном вращении их физических носителей на общем валу по заданному закону движения[2].

На рисунке 1 представлена блок-схема динамического гониометра.

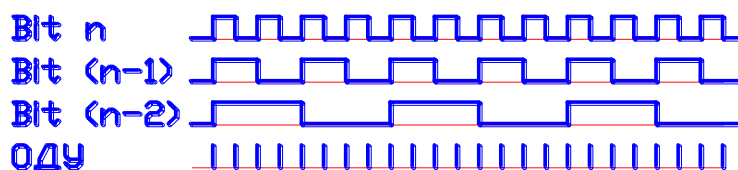


1.

Рис.1. Блок-схема динамического гониометра

1 – ЦФПУ, 2 – шпиндель, 3 – оптический датчик угла, 4 – двигатель, 5 – блок электроники, 6 – система управления двигателем, 7 – персональный компьютер

Принцип работы динамического гониометра при использовании параллельного интерфейса представлен на рисунке 2.



2.

Рис.2. Параллельный интерфейс

$$\varphi_{оду} = N_{оду} \cdot q_{оду}$$

$$\varphi_{цфпу} = \sum_{k=0}^{n-1} a_k \cdot 2^k$$

$$\Delta\varphi = \varphi_{цфпу} - \varphi_{оду}$$

n - количество знаков в числе;

a - цифра из множества {0,1};

k - порядковый номер цифры.

Результаты работы:

Динамический гониометр контролирует такие параметры как, информативная емкость, монотонность следования значений кода, погрешность E2 и достоверность кода.

Информативная емкость - число n -разрядных двоичных кодов, соответствующих натуральному счету дискретных значений угла(квантов) от нулевого до максимального.

Монотонность изменения кода - характеристика статистической или динамической функции преобразования передаточной функции преобразователя.

Погрешность E_2 - погрешность воспроизведения уровня квантования.

Достоверность кода - доверительная вероятность того, что истинное значение измеряемого угла соответствует тому кванту, код которого прочитан[4].

Контроль параметров ЦФПУ может осуществляться следующим способом:

1) Автоматизированный контроль информационной емкости и монотонности следования значений кода.

При повороте вала преобразователя в направлении, указанном на его корпусе, в установленном диапазоне измерений определяют генеральную совокупность значений кода, пришедших с выхода преобразователя, и приводят сравнение каждого из значений кода с соответствующим значением убывающего ряда натуральных чисел. При повороте вала в обратном направлении определяют генеральную совокупность значений кода, пришедших с выхода и приводят сравнение каждого из значений с соответствующим значением убывающего ряда натуральных чисел.

2) Автоматизированный контроль погрешности E_2 .

Измерение угловых координат смены значений кода проводят с помощью измерительной установки, включающей реверсивный привод, устройство приема и преобразования кодов, эталонный угломер и устройство сопряжения. Задают равномерное вращение вала преобразователя и измеряют угловые координаты смены значений кода. Значение погрешности

E_2 рассчитывают, как разность измеренных и расчетных значений угловых координат смены кода. Метод контроля используется в нормальных климатических условиях в статическом и динамическом режимах работы преобразователя. Статическую обработку результатов контроля погрешности E_2 осуществляют с помощью ЭВМ. Если средние статистические характеристики и вид закона распределения вероятности погрешности E_2 отличаются от установленных норм, то проводят статистический анализ состава погрешности E_2 , выявляют доминирующие составляющие закона распределения этой погрешности и устанавливают причины их появления. Аналогично проводится контроль погрешности E_{2max} .

3) Контроль достоверности кода

Определение достоверности кода $P_c(E)$ в статическом режиме работы преобразователя в нормальных условиях и при допустимых отклонениях напряжения сигналов опроса и контроль достоверности кода $P_d(E)$ при максимальной рабочей частоте вращения вала преобразователя проводят расчетным методом.

1) Вычисляют массив текущих значений погрешности E .

2) Устанавливают статистический ряд значений погрешности E и формируют гистограмму распределения частот ее значения.

3) Вычисляют средние статистические характеристики погрешности E .

4) Вычисляют достоверность кода $P(E)$.

5) Производят расчет дополнительных метрологических характеристик преобразователей:

- Дискретности преобразования;
- Информационной способности;

- Энтропийной погрешности преобразования;
- Среднеквадратического значения погрешности преобразования;
- Среднеарифметической погрешности преобразования.

Выводы:

Динамический гониометр осуществляет контроль параметров ЦФПУ автоматическим методом. Преимуществом динамического гониометра является обеспечение необходимого диапазона скоростей, малая погрешность изготовления и равномерность шкалы.

Список литературы

1. ГОСТ Р 57395-2017 Преобразователи угла цифровые. Общие требования к средствам измерений, испытаний и контроля входных и выходных параметров
2. М. Н. Бурнашев, П. А. Павлов, Ю. В. Филатов, “Разработка прецизионных лазерных гониометрических систем”, *Квантовая электроника*, 43:2 (2013), 130–138
3. Б.Люлин, В.Павлов. Прецизионные быстродействующие фотоэлектрические преобразователи угол-код абсолютного типа // *ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес*, спецвыпуск, 2008
4. Домрачев В. Г., Мейко Б. С. Цифровые преобразователи угла: Принципы построения, теория точности, методы контроля.— М.: Энергоатомиздат, 1984.— 328 с

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИКРОГИРОСКОПОВ НА ПОВЕРХНОСТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Е.М. ИЗОТОВА, М.В. САЛОГУБ.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В этой статье представлены основные направления конструкторской модернизации микрогироскопов на ПАВ, запатентованные за последние 3 года. Цель доклада: обзор исследований конструктивных особенностей твердотельных микрогироскопов на ПАВ для улучшения технических характеристик. Актуальность данной темы: применение ТМГ на ПАВ, обеспечивающих высокие показатели вибро- и ударопрочности для высокочастотных объектов от перегрузок за счет целостности конструкции. Эффективность датчиков обеспечивает основу для увеличенной точности, уменьшения размера (достигают 50мм²) и падения в полных производственных затратах. ТМГ на ПАВ представляют собой особую ценность в авиации, ракетно-космической технике, поэтому появляются множества проектов по оптимизации этих гироскопов для улучшения их характеристик.

Ключевые слова: твердотельные микрогироскопы на поверхностно-акустических волнах, ударопрочность, вибропрочность, снятие разностного сигнала, улучшение чувствительности, гироскопический эффект.

Первые упоминания создания гироскопа на ПАВ идут в [1], где рассматривается изобретение, представляющее гироскоп, на цилиндрической поверхности которого распространяются 2 поверхностные волны с изменением скорости распространения. Между двумя волнами производят обнаруживаемую разницу. Разница скоростей двух волн указывает на направление вращения подложки.

Типичным принципом работы ПАВ-гироскопа является действие сил Кориолиса, приводящее к деформации эллиптической траектории движения частицы волны. Вследствие чего индуцируется вторичная бегущая волна, направление распространения которой совпадает с направлением вектора силы Кориолиса, ортогонального направлению распространения первичной волны. В результате ожидается изменение частотного сигнала, пропорциональное применяемому повороту. [2]

Fangqian Xu, Wen Wang, Xiuting Shao, Xinlu Liu и Yong Liang в 2015 году предложили способ улучшения чувствительности датчика на ПАВ.

Сначала был реализован датчик скорости с использованием термоскрепленной ST-кварцевой подложки и дифференциальной конфигурации генератора с двойной задержкой, но соответствующая чувствительность была слишком низкой, только 0,43 Гц · град/с. Более высокая чувствительность и хорошая линейность были достигнуты за счет использования 128°YX LiNbO₃, толстого массива точек Au и более низкой рабочей частоты. [3]

Пьезоэлектрические кристаллы, используемые для датчиков ПАВ, представляют собой YZ-LiNbO₃, X-112°Y LiTaO₃, ST-X кварц и 128°YX LiNbO₃, а металло-точечные материалы считаются медь (Cu) и золото (Au), соответственно. В расчетах предполагалось, что пьезоэлектрические кристаллы вращаются вокруг оси Y, а ПАВ вдоль подложки распространяется вдоль оси X. (рисунок 1)

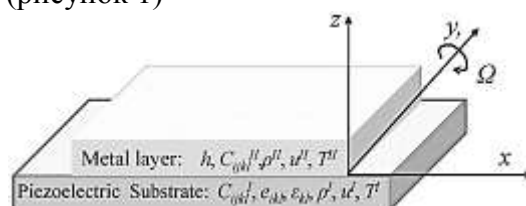


Рисунок 1-распространение ПАВ вдоль оси X

ST-X кварца и 128°YX LiNbO₃ проявляют более высокие гироскопические эффекты, чем другие материалы в диапазоне относительного вращения от -0.02 до 0.02, согласно рисунку 2.

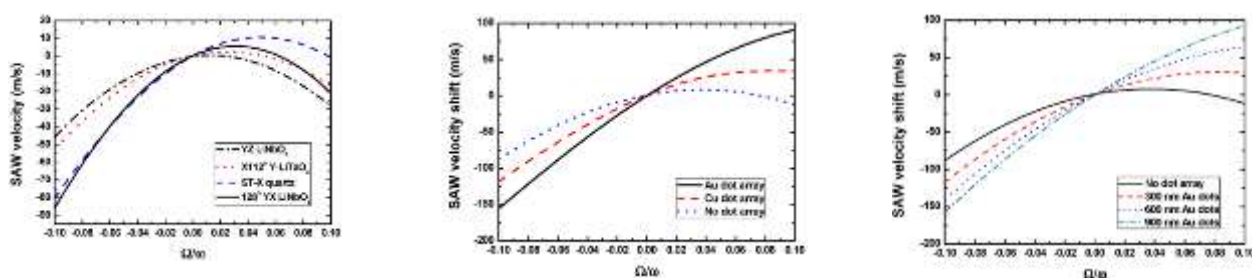


Рисунок 2 – гироскопический эффект на различных подложках, точечных материалах,

Тяжелая металлическая точка индуцирует более высокий гироскопический эффект ПАВ (на графике видно, что большим эффектом обладает золото), следовательно, ожидается наивысшая чувствительность датчика. Аналогичным образом, увеличение толщины металлической точки также может улучшить гироскопический эффект.

Также, уменьшение частоты работы датчика при заданной угловой скорости увеличит сдвиг скорости ПАВ, то есть чувствительность датчика будет улучшена за счет уменьшения частоты работы датчика. [3]

Еще одной новацией стала разработка гироскопа на ПАВ, возможностью которого является преобразование угловых скоростей вращения основания в электрический сигнал относительно сразу двух осей вращения. На рисунке 3 представлена схема гироскопа.

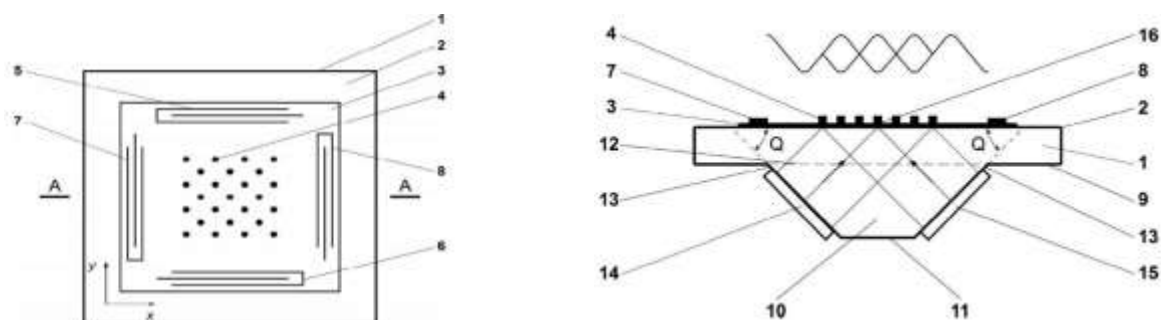


Рисунок 3 – схема микрогирокопа на ПАВ

Где 1-основание, 2-тонкая пленка из пьезоэлектрика, 4-инерционные массы (ИМ), 5,6,7,8-ВШП, 10-трапециевидный выступ, 11-малое основание, 13-боковые поверхности, 14,15- пьезоэлектрические преобразователи.

Принцип работы состоит в следующем: на боковых поверхностях установлены симметрично пьезоэлектрические преобразователи, обеспечивающие возбуждение продольных волн в материале. Возбужденные ПАВ бегут в разные стороны по оси X. При вращении основания относительно оси X на ИМ направленная воздействует вдоль оси Y сила Кориолиса, определяемая по формуле: $F = 2m(\Omega V)$, где m-масса колеблющейся частицы, V-колебательная скорость массы, Ω -угловая скорость вращения гироскопа. При воздействии силы Кориолиса генерируется дополнительная ПАВ, направленная вдоль оси Y, соответственно полезные сигналы возникают на всех ВШП по периметру. Таким образом, регистрируются сигналы относительно двух осей вращения основания. Предложенный метод отличается расширением функциональных возможностей за счет преобразования угловых скоростей вращения несущего основания в электрические сигналы одновременно относительно двух осей вращения. [4]

Также рассмотрим последние разработки кафедры ЛИНС Санкт-Петербургского Государственного Электротехнического Университета им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ». В данной работе рассматривается вопрос выбора оптимальных параметров инерционных масс конструкции ТМГ на стоячих ПАВ. Масса колеблющейся частицы достаточно мала, поэтому для того, чтобы наблюдать гироскопический эффект под действием силы Кориолиса используют матрицы инерционных масс, габариты которых $l \times b \times h_{\text{ИМ}}$ и расположены по центру гребня волны.

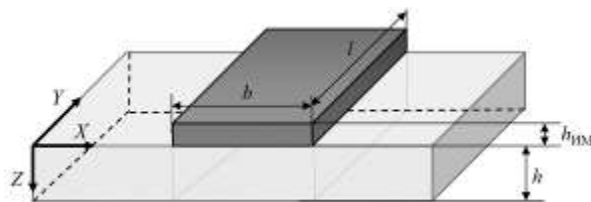


Рисунок 4 – Габариты инерционных масс

Далее для выбора оптимальных параметров ИМ: $\sigma = \frac{F_{\text{Ку}}^{\text{ИМ}}}{S}$, $\varepsilon = \frac{\sigma}{E_{\text{ИМ}}}$; $\Delta = \varepsilon l$; где σ – внутренние напряжения, создаваемые силой Кориолиса на площади $S = bh_{\text{ИМ}}$; ε, Δ – возникающие при этом относительные деформации и смещения, соответственно; $E_{\text{ИМ}} = 8,1 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ – модуль Юнга материала ИМ. По данным выражениям были построены графики зависимости смещения Δ от геометрических параметров ИМ:

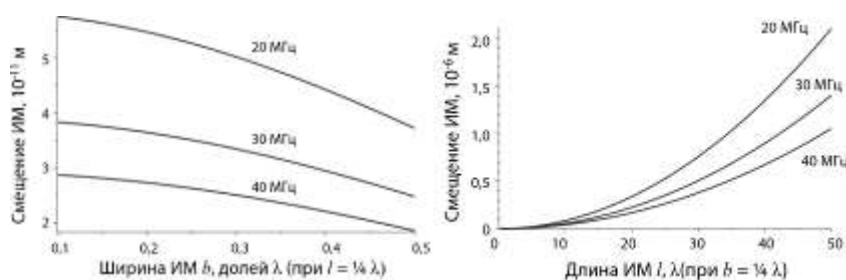


Рисунок 5 - Зависимость смещений ИМ от ее геометрических размеров.

На графиках рисунка 5 отложены ширина b и длина l инерционной масс, выраженные в долях от λ . Величина смещений убывает при росте ширины ИМ и квадратично растет при увеличении ее длины. Таким образом, для увеличения возникающих угловой скорости смещений и гироскопического эффекта необходимо обеспечить следующие условия:

1. Ширина ИМ b минимальна;
2. Длина ИМ l стремится к значению апертуры ПАВ;
3. Материал ИМ выбирается, из условия максимизации отношения плотности ИМ к модулю Юнга $\rho_{\text{ИМ}}/E_{\text{ИМ}}$.

Чтобы повысить величину смещений ИМ необходимо было изменить форму ИМ, задавая различные значения угла (рисунок 6).



Рисунок 6 - Возможные варианты организации концентраторов напряжений.

Одна из масс имела форму прямоугольного параллелепипеда, а вторая имела те же размеры, но другое значение угла θ . К торцам инерционных масс прикладывалось воздействие в виде нормально направленной силы. После физического моделирования была получена зависимость влияния углов на смещение (рисунок 7).

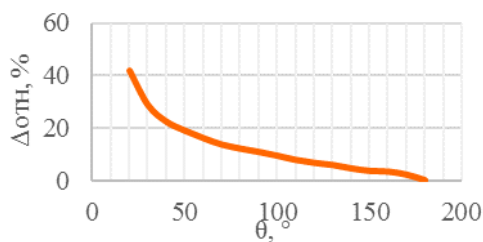


Рисунок 7 - Влияние углов θ на смещение ИМ.

Уменьшение угла θ приводит к увеличению смещения до 40–45 %.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что новый вид гироскопических приборов, основанный на эффекте распространения поверхностно-акустических волн, востребован, каждый год патентуются разработки по оптимизации конструктивных особенностей ТМГ на ПАВ. Прослеживается перспектива развития и внедрения ПАВ-гироскопов из-за удовлетворения многих требований, предъявляемых для гироскопических приборов сегодня.

Список литературы

1. Lao B. Y. Surface acoustic wave gyroscope: пат. 4384409 США. – 1983.
2. Lukyanov D. et al. Micro rate gyroscopes based on surface acoustic waves //NORCHIP, 2014. – IEEE, 2014. – С. 1-4.
3. Xu F. et al. Optimization of surface acoustic wave-based rate sensors //Sensors. – 2015. – Т. 15. – №. 10. – С. 25761-25773.
4. Мирошниченко И. П., Погорелов В. А., Сизов В. П. Модифицированный микромеханический гироскоп //Вестник Донского государственного технического университета. – 2015. – Т. 15. – №. 2 (81).
5. Lukyanov D. P., Kukaev A. S., Shevchenko S. Y. Design optimization of a microgyroscope on standing surface acoustic waves //Integrated Navigation Systems (ICINS), 2017 24th Saint Petersburg International Conference on. – IEEE, 2017. – С. 1-3.

ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ЯНАО

Н. И КУРАКИНА, А.Д. КУЗЬМИНА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье исследуются вопросы прогнозирования и предупреждения возникновения необратимых процессов и чрезвычайных ситуаций в Арктическом регионе. Разработаны методы оценки экологических рисков, основанные на анализе результатов измерений загрязняющих веществ в различных средах, экспертных оценках, ситуационных моделях. Реализация комплексной оценки в технологии ГИС позволяет объединить разнородные данные в многослойном проекте, подключить модули обработки данных с целью наглядного картографирования критических нагрузок и выявления территорий наиболее чувствительных к поступлению загрязняющих веществ.

Ключевые слова: Арктика, экологический риск, чрезвычайная ситуация, комплексная оценка, метод анализа иерархий, ГИС

Ямало - Ненецкий автономный округ — субъект Российской Федерации, входящий в состав Тюменской области и относящийся к районам Крайнего Севера. Более половины его территории расположено за Полярным кругом. Округ занимает одно из ведущих мест в России по запасам углеводородов, особенно природного газа и нефти. На территории разведано 136 месторождений, извлекаемые запасы по которым составляют 14,49 % от всех запасов нефти России. Активное развитие нефтяной промышленности не проходит бесследно для окружающей среды – содержание загрязняющих веществ в снежном покрове, водных объектах и растительности с каждым годом возрастает. В этих условиях особенно важно становится построить систему прогнозирования и предупреждения возникновения необратимых процессов и чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Оценка риска возникновения ЧС. При создании системы прогнозирования ЧС необходимо установить критерии, позволяющие оценить и измерить степень опасности неблагоприятных событий и вероятность их возникновения.

Для количественного анализа степени опасности для людей, технических объектов и окружающей среды в качестве базовых принимаются критерии рисков [1]. Критерии рисков определяются вероятностью (или частотой) реализации неблагоприятных, опасных или катастрофических явлений и величиной ущерба от этой реализации этих явлений.

Каждый тип ЧС описывается степенью риска R через функционал F_R , связывающий вероятность P возникновения неблагоприятного события и тяжесть ущерба U от этого неблагоприятного события:

$$R = F_R \{U, P\} = \sum_i [G_i F_{Ri} (U_i, P_i)],$$

где i – виды неблагоприятных событий, G_i – весовые функции, учитывающие степень важности неблагоприятных событий.

Общий ущерб U определяется как сумма социального ущерба L , экономического ущерба E и экологического ущерба O :

$$U = F_U \{U_L, U_E, U_O\} = \sum_i [F_{Ui}(U_{Li}, U_{Ei}, U_{Oi})].$$

Остановимся на анализе экологического ущерба и соответственно на оценке экологического риска.

Исходным этапом в процессе оценки экологического риска является определение идентификация источников опасности. К потенциальным опасностям относятся такие факторы, которые могут при определенных условиях нанести ущерб окружающей среде. Фактор превращается в опасность при определенной величине или длительности воздействия. Под ущербом в этом случае понимаются разрушение, деградация, загрязнение почв, водной среды, атмосферы, растительного и животного мира. Опасности делятся на параметрические, которые можно измерить приборами (концентрации загрязняющих веществ, вибрации, ЭИМ и др.) и стохастические, оцениваемые экспертно [2].

В зависимости от вида факторов существуют различные способы оценки опасностей: измерение и сравнение результатов с нормативами; расчеты на основе статистических данных с применением методов теории вероятностей; моделирование распространения загрязнений, экспертные оценки.

Количественные оценки. Оценка качества объектов окружающей среды заключается в установлении пределов допустимых изменений их свойств [3, 4]. В качестве меры загрязнения используются нормативы предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве. Таким образом, для количественного анализа опасности загрязнения необходимо провести соответствующие измерения и вычислить оценку по заданному перечню параметров.

$$O = \sum_i [C_i, Date, District, PDK_i], i \in N,$$

где C_i – значение концентрации, $Date$ – дата измерения, $District$ – анализируемый объект, PDK_i – значение ПДК, N – количество измеряемых параметров. В соответствии с полученными значениями экологическое состояние (ЭС) природных объектов классифицируют от «удовлетворительного» до «катастрофического» по таблицам.

Для характеристики уровня загрязнения экосистемы за продолжительный период времени и оценки комбинированного воздействия примесей будем использовать интегральные показатели, рассчитываемые по существующим стандартным методикам [4]:

$$S = \sum_i [O_i, Date, District, PDK_i], i \in I_s,$$

где O_i – простая оценка, входящая в множество важных характеристик I_s , определяемых стандартными методиками (например, индекс загрязнения атмосферы, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды и т.д.). Получаемый показатель определяет класс загрязнения, который приводится к шкале оценок экологического состояния [3].

Оценка экологического риска. Оценка экологического риска носит комплексный характер, часто основанный на разнородных данных. Для расчета оценки необходимо определить структуру ущерба, вызывающих их факторов и привести все показатели к единой нормированной шкале оценок.

Методика определения результирующей оценки экологического риска основана на методологии формирования комплексных оценок [3]. Для получения комплексной оценки

риска необходимо привести значения показателей ущерба к единой дискретной шкале оценок. Разработанная пятиуровневая шкала включает следующие показатели ущерба: $U=\{u1, u2, u3, u4, u5\}$, где $u1$ - несущественный, $u2$ - малый, $u3$ - средний, $u4$ - большой, $u5$ -катастрофический. Определение показателей ущерба основывается на анализе факторов их вызывающих. В случае количественной оценки производится измерение концентраций загрязняющих веществ, нормирование оценок в соответствии с функционалом нормирования величин (1) или определение интегральных показателей (2). Наряду с результатами контрольных измерений могут использоваться результаты обследований, опросов, экспертные оценки. Объединение разнородных данных осуществляется в единой нормированной шкале с учетом характеристик достоверности и степени участия каждого фактора [4]. В результате формируется комплексная оценка:

$$K^* = \sum_i [C_i^*, O_i^*, E_i^*, r_{di}, g_{yi}], i \in I_s,$$

где E_i^* – экспертные оценки, r_{di} - уровень квалификации эксперта, g_{yi} - вес (степень участия) каждого фактора. Оценка экологического состояния приводится к шкале показателей ущерба.

Вероятность наступления опасного события и возникновения ущерба определяется на основе статистических данных или анализируется экспертом. Пятиуровневая шкала уровня вероятности возникновения ущерба [5] включает следующие показатели: $P=\{p1, p2, p3, p4, p5\}$, где $p1$ - практически исключено, $p2$ – маловероятно, $p3$ – вероятно, $p4$ – возможно, $p5$ – неизбежно.

Таблица 1.

Матрица риска					
$p5$	$r3$	$r4$	$r4$	$r5$	$r5$
$p4$	$r2$	$r3$	$r4$	$r4$	$r5$
$p3$	$r1$	$r2$	$r3$	$r4$	$r4$
$p2$	$r1$	$r1$	$r2$	$r3$	$r4$
$p1$	$r1$	$r1$	$r1$	$r2$	$r3$
	$u1$	$u2$	$u3$	$u4$	$u5$

Оценка экологического риска осуществляется по видам ущерба в соответствии с диаграммой «Вероятность события/Последствия события». Матрица риска показывает зависимость уровня (категории) риска от соотношения вероятности события и тяжести ущерба (рис. 1). В зависимости от полученного значения оценки введены следующие категории рисков: $R=\{r1, r2, r2, r4, r5\}$, где $r1$ – незначительный риск, $r2$ – малый риск, $r3$ – средний риск, $r4$ –высокий риск, $r5$ – катастрофический риск.

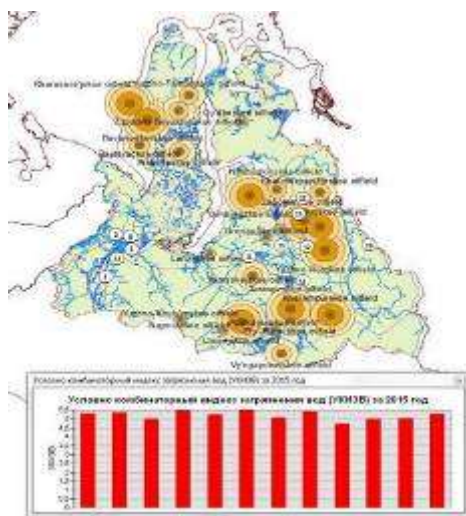


Рис. 1. Реализация оценки экологических рисков в технологии ГИС.

Территориальная система Ямало-Ненецкого автономного округа представляется в виде множества взаимодействующих слоев – носителей загрязнений. Основными носителями загрязнения являются нефтегазовые месторождения. В зависимости от характеристик, объема добычи, состояния месторождения и статистических данных о произошедших авариях зона экологического риска может варьироваться от 500 до 7500 км. В случае наложения зон воздействия от различных месторождений, экологический риск возрастает. Объединение и пересечение зон экологического воздействия от различных месторождений осуществляется по вышеприведенным категориям риска. В результате формируется слой оценки экологических рисков от нефтегазовых месторождений.

В качестве количественной характеристики степени загрязнения используются данные о концентрации, сравниваемые с нормируемыми показателями и интегральная оценка по комплексу загрязнителей. Величины концентраций являются результатами мониторинга и можно исследовать временную и пространственную динамику изменения экологической ситуации.

Комплексная оценка экологического риска и картографирование критических нагрузок в ГИС позволяет определить зоны, наиболее чувствительные к поступлению загрязняющих веществ, оценить опасность любой намечаемой или осуществляемой хозяйственной деятельности, спланировать мероприятия по устойчивому развитию Ямало-Ненецкого автономного округа.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Щепкин А.В. Экологическая безопасность. М.:ИПУ РАН, 2003. – 92 с.
2. Музгалецкий А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2011. – 448 с.
3. Алексеев В.В., Куракина Измерительные системы и ГИС технологии. Санкт-Петербург, Издательство «Элмор», 2007, 142 с.
4. Куракина Н.И. Геоинформационные системы в экологии. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 160 с.
5. Куракина Н.И., Нассер С.С.С. Автоматизированная система оценки и управления рисками // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПб, 2013. Т.6. С 78-84.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА МОЩНОСТИ ДЛЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

А.Н. РАМАЗАНОВ, А.С. ТАЛАНОВ, Д.К. КОСТРИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Разработана электрическая схема высоковольтного импульсного источника мощности для инициализации тлеющего разряда. Приведен результат ее работы. Представлены спектрограммы для образцов растворов при различной частоте. Обсуждаются дальнейшие практические применения разработанных устройств.

Ключевые слова: высоковольтные источники мощности; тлеющий разряд; эмиссионный спектр

Области применения тлеющего разряда обширны. Он используется для нанесения пленок, используют в качестве источника накачки в газовых лазерах, с помощью него проводят различные поверхностные модификации и обеззараживание различных растворов. С недавних пор появилась еще одна область, где тлеющий разряд активно применяется – это экологический мониторинг, суть которого заключается в определении качественного и количественного состава водного раствора произвольного состава [1–4].

В связи с этим особое внимание уделяется условиям возникновения тлеющего разряда [2]. Для возбуждения газового разряда требуется выходное напряжение порядка 15 кВ и частота следования импульсов порядка 20 кГц. В связи с этим разрабатываемая схема должна не только обеспечивать данные параметры, но и допускать возможность их регулировки в достаточно широком диапазоне с целью нахождения оптимальных режимов работы импульсного источника мощности. Для проведения исследований была сконструирована схема на основе полумостового драйвера IR2153. Разработанная принципиальная электрическая схема представлена на рис. 1.

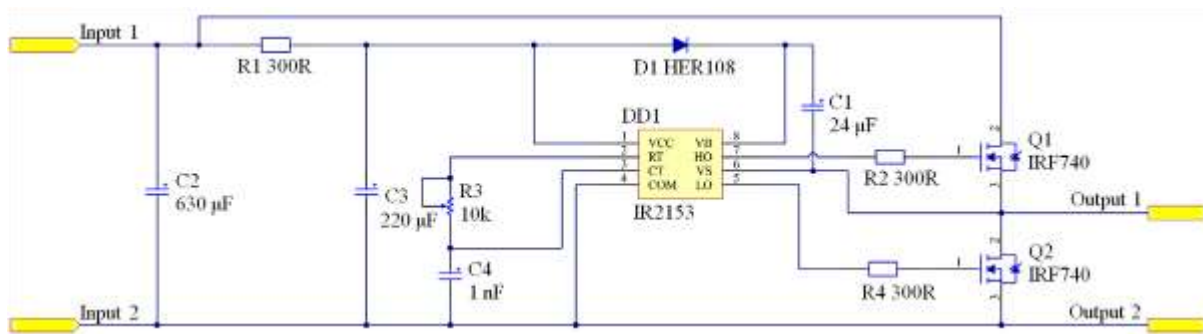


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема импульсного высоковольтного источника мощности на основе полумостового драйвера IR2153

Преимуществами данной конструкции является возможность осуществления питания от линейного источника мощности (батареи или аккумулятора), а также то, что при разводке печатной платы не требуется применять специальные правила проектирования. Потребляемое напряжения составляет порядка 15.6 В. Разработанная топология печатной платы представлена на рис. 2. Для проведения дальнейших экспериментов использовалась экспериментальная модель, представленная на рис. 3. На выходах схемы установлены повышающий трансформатор и умножитель напряжения. Благодаря использованию умножителя напряжения становится возможным получение высоких значений выходного

напряжения, достаточных для возбуждения тлеющего разряда, поддерживаемого в парогазовой смеси при атмосферном давлении.

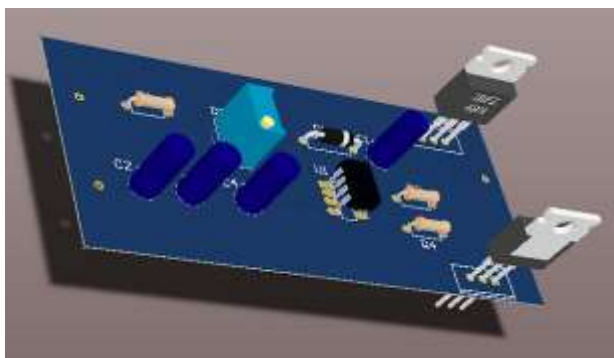


Рис. 2. Топология импульсного источника мощности на основе полумостового драйвера IR2153



Рис. 3. Разработанная экспериментальная печатная плата

На рис. 4 представлен пример работы импульсного источника мощности на основе полумостового драйвера IR2153. Как можно видеть, тлеющий разряд поддерживается в парогазовой смеси при атмосферном давлении.

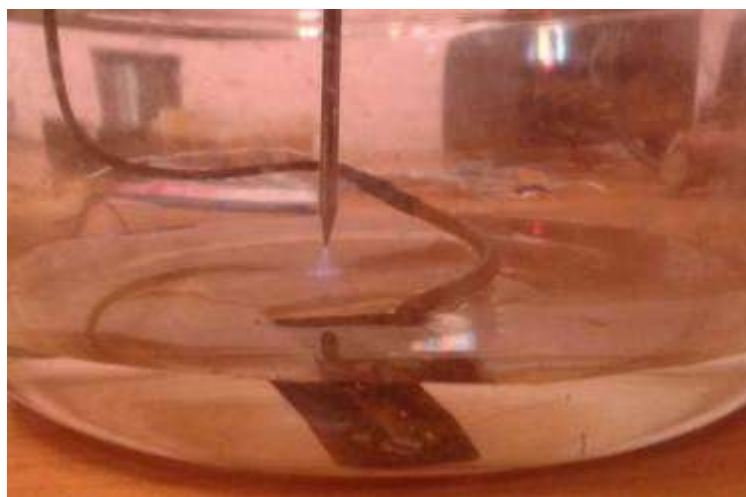


Рис. 4. Пример работы импульсного источника мощности

Принцип работы такой системы довольно прост [5]. Использование вольфрамового острейного электрода помогает достичь напряженности поля в промежутке порядка 36 кВ/см, что является необходимым и достаточным условием для инициализации тлеющего разряда. Как можно видеть на рис. 4, применяется два электрода, один из которых расположен под поверхностью воды, второй располагается над поверхностью. При прикладывании высокого напряжения в промежутке между водной поверхностью и острием вольфрамового электрода начинает гореть разряд. Следует отметить, что использование подобной системы усложняет снятие спектрограмм исследуемого образца раствора, поскольку в ходе работы происходит образование различных примесей, которые оседают на стенках кюветы. Поэтому следует применять другие конструкции разрядных систем, а именно систему с электролизом и систему с кипением в кювете.

В ходе проведения дальнейших исследований были получены спектрограммы излучения плазмы разряда при различных режимах работы источника. В данном случае рассматривалось влияние частоты импульсов на характер получаемых спектрограмм, а также

наличие явных примесей в виде перманганата калия. Был использован спектрометр ISM3600 [6, 7] с выставленным временем накопления 2 с. Программная обработка полученных спектров осуществлялась с помощью ASpect2010 [8, 9].

На рис. 5 приведена спектрограмма тлеющего разряда с острым электродом, поддерживаемого в парогазовой смеси при атмосферном давлении, полученная при различных частотах поступающих импульсов. В качестве исследуемого раствора использовалась водопроводная вода.

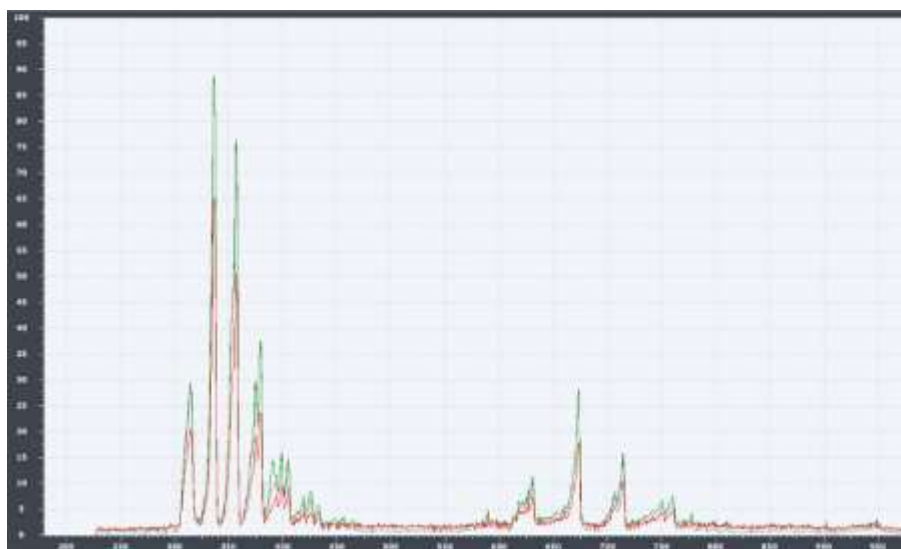


Рис. 5. Эмиссионная характеристика тлеющего разряда при различных частотах

Спектральные кривые расположены по мере роста интенсивности, что соответствует увеличению частоты следования импульсов: 20 кГц, 25 кГц и 30 кГц. В диапазоне 200–300 нм наблюдаются малоинтенсивные спектральные линии азота и гидроксильной группы. Линии, имеющие наибольшую интенсивность, расположены в диапазоне волн от 300 до 400 нм и соответствуют гидроксильной группе OH^- , однозарядным ионам азота N^+ и кислорода O^+ , молекулярным азоту и кислороду. Повышенный интерес представляет диапазон волн от 600 до 800 нм, ведь в нем находятся различного рода примеси, содержащиеся в образце: калий, натрий, алюминий, кальций.

Представленные результаты говорят о возможности применения малогабаритных схем в создании портативного устройства для экологического мониторинга водных ресурсов с использованием спектров излучения тлеющего разряда. Для дальнейшей минимизации следует значительно упростить спектрометрическое оборудование, оставив неизменными точность определения состава образца раствора.

Список литературы

1. Webb M. R., Hieftje G. M. Spectrochemical analysis by using discharge devices with solution electrodes // Analytical Chemistry. 2009. Vol. 81, № 3. P. 862–867.
2. Ramazanov A. N., Kostrin D. K., Goncharov V. D., Lisenkov A. A. Characteristics of a glow discharge maintained in the vapors of a liquid // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 729. P. 012004.
3. Ramazanov A. N., Kostrin D. K., Simon V. A., Uhov A. A., Lisenkov A. A. Analysis of the Water Composition Using Emission Spectra of a Gas Discharge // Proceedings of the 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference. 2017. P. 58–62.
4. Ramazanov A. N., Kostrin D. K., Lisenkov A. A. Determination of the composition of liquids using spectral analysis of the electric discharge radiation // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 929. P. 012062.

5. Mezei P., Cserfalvi T. Electrolyte cathode atmospheric glow discharges for direct solution analysis // Applied Spectroscopy Reviews. 2007. Vol. 42. P. 573–604.
6. Кострин Д. К., Ухов А. А. Аппаратно-программный спектрометрический комплекс для исследования параметров светоизлучающих диодов // Биотехносфера. 2013. № 3. С. 21–25.
7. Kostrin D. K., Uhov A. A. Multifunctional compact optical spectrometer for biomedical applications // Proceedings of the 11th German-Russian Conference on Biomedical Engineering. 2015. P. 171–173.
8. Uhov A. A., Gerasimov V. A., Kostrin D. K., Selivanov L. M. Use of compact spectrometer for plasma emission qualitative analysis // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 567. P. 012039.
9. Kostrin D. K., Lisenkov A. A., Uhov A. A., Ramazanov A. N. Analysis of the plasma radiation spectra with lines of significantly varying intensity // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 729. P. 012030.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ БИОНАНОДИАГНОСТИКИ

Ю.В. БОГАЧЕВ, В.А. САБИТОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрены современные методы и средства магнитно-резонансной диагностики с использованием магнитных наночастиц.

Ключевые слова: бионанодиагностика, магнитный резонанс, магнитные наночастицы

Эта аналитическая работа посвящена рассмотрению методов и средств нового направления бионанодиагностики - диагностического магнитного резонанса (ДМР). Технология ДМР основана на использовании магнитных наночастиц для обнаружения биомолекул и клеток на основе эффектов магнитного резонанса и включает в себя многочисленные конфигурации анализа и принципов детектирования. На сегодняшний день магнитные наночастицы - биосенсоры разработаны для обнаружения широкого спектра целей, включая ДНК/микроРНК, белки, ферменты, лекарственные препараты, патогены и опухолевые клетки [1]. В последнее время возможности технологии ДМР значительно шагнули вперед благодаря разработке миниатюрных, основанных на чипе ЯМР-детектирующих систем (микро-ЯМР), которые способны выполнять высокочувствительные измерения в микролитровых объемах образца и в мультиплексном комбинированном формате. С учетом этих и будущих достижений, технология биосенсоров ДМР содержит в себе большие перспективы для создания высокопроизводительных, портативных, недорогих платформ для широкого молекулярного и клеточного скрининга в условиях клиник и пунктах оказания первичной медицинской помощи.

Методы диагностического магнитного резонанса

Принцип, лежащий в основе ДМР, – использование магнитных наночастиц в качестве бесконтактных сенсоров, модулирующих время спин-спиновой релаксации T_2 соседних молекул воды, изменение которого может быть определено с использованием ЯМР-релаксометров. Метод ДМР использует способность молекул, связанных (конъюгированных) с магнитными наночастицами, присоединяться к молекулярным мишеням и вызывать изменения в скорости релаксации протонов исследуемых биологических жидкостей, используя один из двух различных процедурных "режимов". Первый включает в себя мечение крупных структур, таких как целые клетки, и требует последующей стадии очистки, чтобы удалить несвязанные наночастицы - сенсоры. Второй режим использует явление магнитно-релаксационного переключения (magnetic relaxation switching - MRSw), в котором

молекулярные мишени используются для соединения магнитных наночастиц в кластеры, что вносит изменения в скорость релаксации протонов всего образца [2]. В обоих случаях связывающие взаимодействия осуществляются одинаково во всем растворе и распространяют этот эффект магнитного резонанса на миллиарды соседних молекул воды.

Принципы ДМР-тестирования с использованием магнитных наночастиц проиллюстрированы на рис.1.

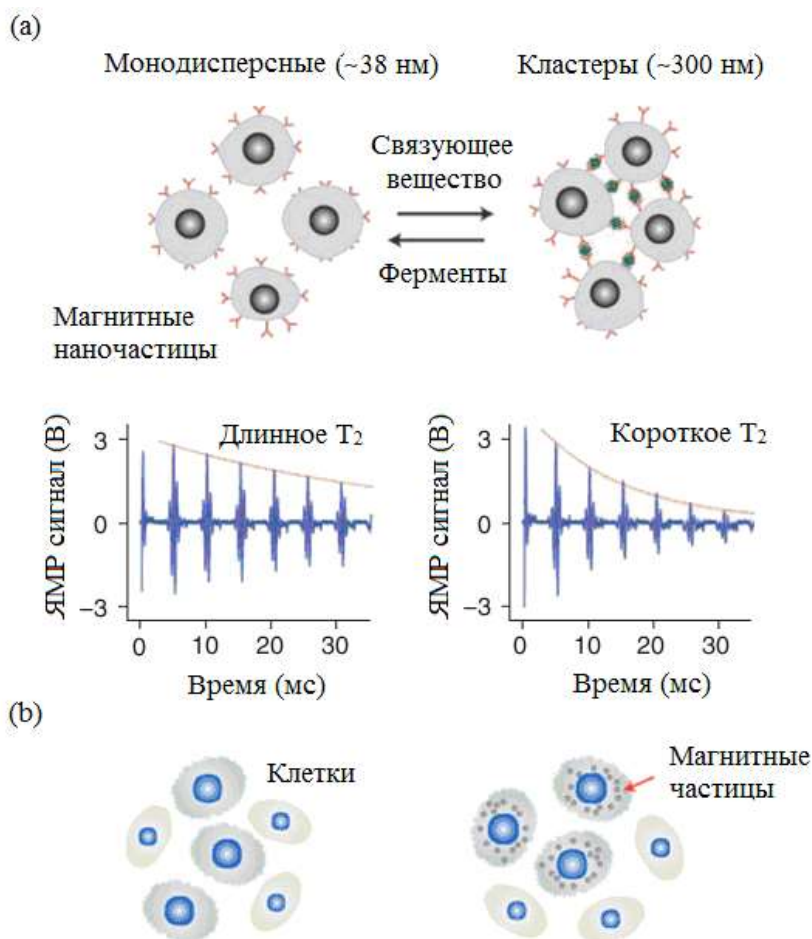


Рис. 1. Принципы ДМР-тестирования с использованием магнитных наночастиц.

(a) - Магнитно-релаксационное переключение (MRSw) включает ансамбль кластеров магнитных наночастиц, используя биомаркер-мишень в качестве связующего мостика, или разборку образованных кластеров, используя ферменты или конкурентное связывание. (b) - Клетки, захваченные магнитными наночастицами, обладают магнитным моментом, который пропорционален числу связанных наночастиц. Последующие процедуры отмывки удаляют несвязанные наночастицы, чей магнитный момент может быть измерен через уменьшение поперечного времени релаксации T_2 [3].

Магнитно-релаксационные детектирующие устройства

Стандартные магнитно-релаксационные детекторы. Сигналы ЯМР могут быть обнаружены как с помощью сканеров МРТ, которые используются для получения четкого и детального изображения тела, так и с помощью ЯМР-спектроскопии, которая используется для изучения биомолекулярных структур. Оба этих метода были использованы для измерения времени спин-спиновой релаксации T_2 для биосенсоров ДМР. Однако, сканеры МРТ непрактичны из-за высоких эксплуатационных расходов, большого размера оборудования (главным образом из-за сверхпроводящих магнитов), а также из-за необходимости в относительно большом объеме образца (сотни микролитров). Настольные релаксо-

метры являются более дешёвой альтернативой, делая их более доступными для использования в ДМР-тестировании. Настольные системы работают на более низких частотах ЯМР (100 kHz–50 MHz) и оснащены постоянным низкочастотным магнитом (<1 Тл). Однако, настольные системы не имеют возможности выполнять параллельные измерения и пока еще требуют относительно большого объема образца.

Миниатюрный чип ЯМР. Чтобы преодолеть ограничения имеющихся стандартных детекторов, недавно была разработана микро-ЯМР система на чипе для выполнения мультиплексных измерений ДМР на меньших объемах образца[3]. Микро-ЯМР система состоит из микрокатушек, предназначенных как для возбуждения радиочастотного поля, так и детектирования сигналов ЯМР, размещенного на плате ЯМР-спектрометра, и микрофлюидной системы. Магнитное поле может быть получено с помощью маленького портативного магнита, потому что миниатюризация уменьшает необходимость пространственной однородности магнитного поля.

Первый прототип микро-ЯМР системы был разработан с плоскими катушками, которые были литографическим способом нанесены на стеклянное основание. Микрокатушки были расположены в формате для параллельных измерений, и каждая микрокатушка вмещала 5–10 мкл образца. Впоследствии, было разработано второе поколение микро-ЯМР систем[4], где использовались соленоидальные микрокатушки, встроенные в микрофлюидную структуру для увеличения коэффициента заполнения. Данная конфигурация сократила объем образца примерно до 1 мкл и привела к более однородному радиочастотному магнитному полю с меньшим электрическим сопротивлением. Таким образом, микро-ЯМР система хорошо подходит для детектирования многочисленных мишеней ограниченных по массе биологических образцов и позволяет сохранить дорогие реагенты.

Электроника ЯМР, которая включает РЧ-передатчик для возбуждения ЯМР образца и приемник для обнаружения сигнала ЯМР, была первоначально реализована с использованием дискретных компонентов. В более поздних версиях они были монолитно интегрированы на одном чипе CMOS IC (интегральные схемы (ИС) на комплементарных МОП-структурах) [5]. Чип был разработан для того, чтобы преодолеть неблагоприятные условия для измерений ЯМР, вытекающие из миниатюризации системы: - низкий уровень сигнала ЯМР от малых объемов образца и быстрое затухание сигнала (большое время T_2^*) из-за неоднородности магнитного поля, вызванной постоянным магнитом. Эти ограничения были преодолены путём использования низкочастотных РЧ-усилителей с высоким коэффициентом усиления напряжения и разработки цифрового импульсного генератора на чипе для спин-эхо последовательностей (последовательности Карра-Парселла-Мейбума-Гилла - CPMG). Протонные времена релаксации были измерены с использованием последовательности импульсов «инверсия-восстановление» (T_1) и последовательности импульсов «спин-эхо» - CPMG (T_2), чтобы компенсировать неоднородность поляризирующего магнитного поля.

Микрофлюидные системы облегчают транспортировку и распределение небольшого объема образца, смешивание различных потоков жидкостей и размещение образца в самой чувствительной области микрокатушки. Кроме того, может быть установлен мембранный фильтр на выходе соленоидальной микрокатушки для селективного по размерам удержания больших частиц, таких как клетки, и удаления более мелких примесей, таких как несвязанные магнитные наночастицы, таким образом делая возможным концентрирование клеток из всего большого объема образца и выполнение стадий отмывки образца на чипе.

Совсем недавно было разработано третье поколение устройства – микро-ЯМР-3, оптимизированное для стандартных клинических применений[6]. Основная проблема продвижения микро-ЯМР систем из научных лабораторий в клиническую практику заключалась в присущей им зависимости чувствительности измерений от температуры. Чувствительность к температуре происходит от температурно-зависимой флуктуации магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом. Эти флуктуации приводят к дрейфу частоты ЯМР, который вызывает артефакт в значениях измеренного времени T_2 . В лабораторных условиях проблему можно решить с помощью контроля температуры окружающей среды и температуры ЯМР-системы. В новой микро-ЯМР-3 системе эта проблема была решена посредством электронной схемы обратной связи, которая автоматически следит за изменениями температуры и соответствующим образом перестраивает настройки измерений. Это решение гарантирует безотказные и надёжные измерения ДМР. МикроЯМР-3 система имеет и другие важные перспективы для практического использования. В отличие от предыдущих модификаций микро-ЯМР систем, в ней электронные схемы собраны из готовых ИС чипов (например, микроконтроллеры, РЧ синтезаторы), что уменьшило стоимость прибора (<200 \$) и улучшило возможность программирования. Кроме того микроЯМР-3 система может связываться с мобильными устройствами (например, iPhone™, iPad™) для управления измерениями. Это максимально увеличивает портативность микроЯМР-3 системы и улучшает удобство в эксплуатации. Медицинский персонал может получать результаты прямо через специальные ДМР-приложения и записывать/открывать к ним доступ через беспроводную сеть для отдалённых клинических отделений.

Вся диагностическая платформа (система) ЯМР может быть легко упакована как портативное переносимое средство для действий в пунктах оказания первичной помощи. Кроме того, сравнительный анализ со стандартными ЯМР-системами показал, что чувствительность обнаружения сопоставима, но при этом существенно уменьшался объем образца и стоимость устройства.

Таким образом, ДМР является мощной биосенсорной технологией, которая может найти широкое применение в биомедицине, в том числе геномике/протеомике, биологии рака, общей биологии[7]. При помощи дополнительных устройств и методик обработки или очистки образцов, эта система сможет также облегчить перевод ДМР в клиническую практику для помощи в диагностике бесчисленных болезней и в разработке индивидуализированной терапии.

Список литературы

1. Ю.В.Богачев, М.Н.Князев, Я.Ю.Марченко, А.Н.Наумова, К.В.Тютюкин, В.А.Фокин, В.В.Фролов, Ю.С.Черненко. Диагностический магнитный резонанс. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 240 с.
2. Perez J.M., Josephson L., O'Loughlin T., Hogemann D., Weissleder R. Magnetic relaxation switches capable of sensing molecular interactions. // Nat. Biotechnol. – 2002. – Vol.20. – P.816–820.
3. Lee H., Sun E., Ham D., Weissleder R. Chip-NMR biosensor for detection and molecular analysis of cells. // Nat. Med. – 2008. – Vol.14. – P.869–874.
4. Lee H., Yoon T.J., Weissleder R. Ultrasensitive detection of bacteria using core-shell nanoparticles and an NMR-filter system. // Angew. Chem. Int. Ed. Engl. – 2009. – Vol.48. – P.5657–5660.
5. Liu Y., Sun N., Lee H., Weissleder R., Ham D. CMOS mini nuclear magnetic resonance system and its application for biomolecular sensing. // ISSCC Digest Tech.Papers. – 2008. – Vol.1. – P.140–141.
6. Issadore D., Min C., Liong M., Chung J., Weissleder R., Lee H. Miniature Magnetic Resonance System for Point-of-Care Diagnostics. // Lab Chip. – 2011. – Vol.11. P.2282–2287.
7. Shao H., C Min, Issadore D., Min C., Liong M., Chung J., Weissleder R., Lee H. Magnetic Nanoparticles and microNMR for Diagnostic Applications. // Theranostics. – 2012. - Vol. 2(1). –P.55–65.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ БИНС НА ВОГ МОРСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ И ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С ПОВЫШЕНИЕМ ИХ ТОЧНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕМ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.

М.В. САЛОГУБ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В этой статье представлены основные понятия и определения, связанные с бесплатформенными навигационными системами, раскрыта суть инерциальной навигации, описан базовый принцип работы инерциальной навигационной системы. Приводится сравнение бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) с платформенной инерциальной. Разобраны типичные примеры построения БИНС на волоконно-оптическом гироскопе морского применения. Представлен типичный алгоритм работы БИНС. Изложены тенденции развития БИНС.

Ключевые слова: бесплатформенные навигационные системы, морского базирования, волоконно-оптический гироскоп, алгоритмы, инерциальные навигационные системы.

Термин навигация – от лат. Плыву на корабле, то есть искусство кораблевождения. В настоящее время навигация — это теория и практика вождения по заданному маршруту различных подвижных объектов. Основная задача навигации – определение текущих координат местоположения данного объекта. Навигация, осуществляемая с использованием автономных устройств, данные берутся непосредственно с датчиков на объекте, для которого надо определить координаты, скорость, ускорение, для этого используются акселерометры, ДУС (датчики угловой скорости), гироскопы и т.д., называется инерциальной. Основная идея ИНС заключается в двукратном интегрировании измеренных ускорений. Основные аспекты инерциальной навигации:

- 1) Иметь информацию о нулевых значениях координат (x_0, y_0) и скоростей (V_{x0}, V_{y0}).
- 2) Постоянно с помощью акселерометра получать проекции ускорения объекта.
- 3) С помощью гироскопов определять положение осей чувствительности акселерометров относительно навигационной СК.
- 4) Ускорение объекта дважды интегрировать по времени.

Осложнение использования инерциальной навигации на поверхности Земли: акселерометры измеряют разность ускорения объекта и гравитационного ускорения. Реакция акселерометра на силу тяжести Земли соответствует силе инерции, т.е. фиктивной силе, вызванной вертикальным перемещением тела с гравитационным ускорением (g). Для того чтобы исключить влияние g требуется приведение осей чувствительности акселерометров в горизонтальную область (область горизонта), с использованием гиростабилизированной платформы (ГСП). Не смотря на то что ГСП защищает акселерометры от влияния угловых перемещений объекта, имеет ряд минусов: будучи прецизионным электромеханическим устройством, она ненадежна; потребляет много энергии, имеет большую массу и габариты, сложна при сборке и дорогая. В последнее время значительное внимание уделяется проблеме унификации корабельного навигационного оборудования и, в частности, задаче создания на базе ИНС и систем гиростабилизации единых общекорабельных систем навигации и стабилизации. Последние предназначены для интеграции информационного обеспечения задач навигации, управления движением, начальной выставки и калибровки бортовых систем корабельных потребителей.

Примеры различных БИНС на ВОГ от НПП “Оптолинк” БИНС-500 (БИНС-500К, БИНС-500М) и БИНС-501 предназначены для формирования и выдачи потребителям пилотажно-навигационной информации как в автономном (инерциальном) режиме, так и в режиме интеграции со спутниковым приемником. Системы БИНС-500К и БИНС-500М построены на базе блока чувствительных элементов БЧЭ-500, включающего трехосный волоконно-оптический измеритель угловой скорости ТИУС500 и три установленных ортогонально акселерометра (АТ-1104, INN-203 или других). Выходная информация выдается в цифровом виде по каналу RS-422 (возможно, по RS-485, MIL-STD-1553B и др.). Управление работой ВОГ (управление режимами работы СЛД, обработкой сигналов с фотодетекторов, управление фазовыми модуляторами) осуществляется блоком сервисной электроники. Аналоговые сигналы, пропорциональные ускорениям по ортогональным осям, с трех акселерометров поступают на три канала 24-разрядного аналогово-цифрового преобразователя. На АЦП поступает также информация от температурного датчика. Вычислитель интерфейсного устройства обрабатывает информацию от всех датчиков угловой скорости, ускорения, температуры и выдает ее в последовательный канал обмена с вычислителем БИНС. Вычислитель БИНС решает задачи автономной выставки, ориентации и навигации и обменивается с внешними устройствами по последовательному каналу. Рассмотрим БИНС-500М. Для морских применений с возможностью начальной выставки в динамических условиях (условиях качки и движения), в 2012 г. в компании была закончена разработка морской бесплатформенной инерциальной навигационной системы БИНС-500М. Система комплексирована с датчиками внешней информации морского применения (СНС, лаг, и т.д.), при этом выставка, в отличие от БИНС-500К и БИНС-501, реализована не только в статических, но и в динамических условиях (качка). БИНС-500М построена на базе блока чувствительных элементов БЧЭ-500 и предназначена для формирования и выдачи потребителям навигационной информации, как в автономном режиме, так и в режиме коррекции от приемника GPS/ГЛОНАСС и лага. Информация потребителю выдается в цифровом виде по интерфейсу RS-422 (или RS-232), MIL-STD-1553B и Ethernet. Кроме того, с частотой 10 Гц идет обмен информацией с пультом штурмана. Пульт штурмана отображает основную навигационную информацию и позволяет настраивать и регулировать прибор. Прибор также имеет индикаторы для визуального контроля его состояния. Внешний вид и общая схема прибора БИНС-500М показаны на рис. 1 и 2.



Рисунок 1. Внешний вид БИНС-500М

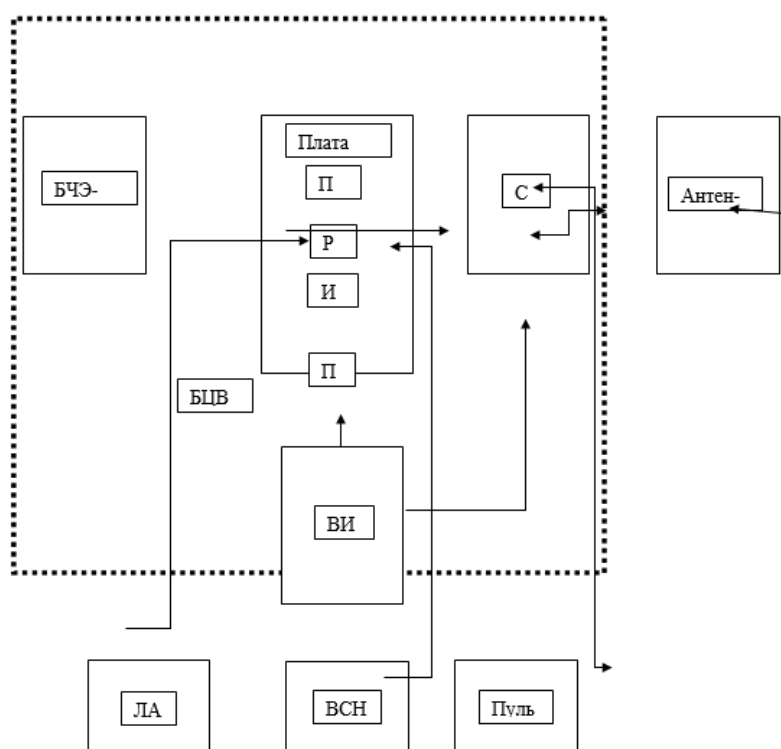


Рисунок 2. Общая схема прибора БИНС-500М:

БЦВМ – бортовая цифровая вычислительная машина, плата ДВВ – плата дискретного ввода- вывода, ПМ – процессорный модуль, РИ – расширитель интерфейса, ИП – интерфейсная плата, ПС – плата согласования, ВИП – вторичный источник питания, СП – спутниковый приемник, ВСНС – внешняя спутниковая навигационная система
Характеристики БИНС на ВОГ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики	БИНС500К	БИНС500М	БИНС-501	Quadrants [xblue [16]	Oetans [xblue [16]	LISA-200 Northrop Grunman [1/]
Инерциальный режим: • Погрешность определения координат • Погрешность определения скорости • Точность определения курса • Точность определения азимута и тангажа	10 км/ч 2.5 м/с 0.5 sec(lat) ² 0.1°	8 км/ч 2.0 м/с 0.4 sec(lat) ² 0.1°	4 км/ч 1 м/с 0.1 sec(lat) ² 0.05°	0.23 sec(lat) ² 0.1°	0.1 sec(lat) ² 0.01°	0.8° 0.3°
Время готовности, мин	10	5-15	10	5	15	2
Дрейф нулевого сигнала гироскопов (1σ)	< 0.1 °/ч	< 0.1 °/ч	< 0.03 °/ч	< 0.1 °/ч	< 0.05 °/ч	< 0.5 °/ч
Дрейф акселерометров (1σ), g	< 5·10 ⁻⁴	< 5·10 ⁻⁴	< 1·10 ⁻⁴	< 5·10 ⁻⁴	< 5·10 ⁻⁴	< 3·10 ⁻⁴
Питание, В, пост. ток	27	27	27	12-36	24	28
Потребляемая мощность, Вт	14	20	20	13	12	40
Размер, мм	240×160×110	343×185×120	286×163×124	160×160×113	275×136×150	190×102×114
Масса, кг	3.4	6.4	4.8	2.8	4.6	2.0
Условия применения: • угловые скорости, °/с • диапазон температур, °С	<300 -40 °С до +60 °С	<300 -40 °С до +60 °С	<250 -40 °С до +60 °С	<500 -20 °С до +55 °С	<260 -20 °С до +55 °С	<1000 -50 °С до +70 °С

«Бекар-Э» представляет собой систему на волоконно-оптических гироскопах, работающую во всех широтах, при всех температурных диапазонах и в условиях качки до 45 градусов. Изделие работает в автоматическом режиме и рассчитано на непрерывную работу без специального обслуживания.

Производится в 2 исполнениях: Минимальном (комплексном) – в составе одного центрального прибора ВИИМ-2 Базовом – в составе центрального прибора ВИИМ-2, прибора питания, пульта управления, трансляционного прибора и ящика соединительного. В таблице 2 приведены основные технические характеристики и время готовности БИНС.

Таблица 2

Предельные погрешности	
Курс географический	0,4° сексф
Углы качки и рыскания	6 угл. мин
Координаты места (в обсервационном режиме)	0,15 км
Угловые скорости качки и изменения курса	0,3 °/с
Составляющие линейной скорости на постоянном курсе	0,3 м/с
Составляющие линейной скорости на циркуляции	0,6 м/с
Значения полного угла наклона палубы	0,2°
При выдаче курса с погрешностью $\pm 1,0^\circ \text{ сексф}$	Не более 30 мин (ускоренно)
При выдаче курса с погрешностью $\pm 0,3^\circ \text{ сексф}$	Не более 60 мин (ускоренно)
К выдаче углов качек с погрешностью $\pm 6'$	Не более 3 мин

Режимы работы: Обсервационный – основной режим работы – устанавливается автоматически после запуска изделия при поступлении достоверной информации о координатах места и скорости движения объекта от приемоиндикатора спутниковой навигационной системы (ПИ СНС). Автономный режим – устанавливается автоматически при отсутствии достоверной информации о координатах места от ПИ СНС, но при наличии достоверной информации о скорости движения объекта от лага. Режим «Ручной ввод» – устанавливается оператором и предназначен для работы изделия при отсутствии информации о координатах места и скорости движения объекта от внешних источников. Координаты места и скорость движения объекта вводятся оператором вручную с использованием пульта управления.

Список литературы

1. Матвеев В.В., Распопов В.Я., Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем, СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2009.
2. Ю.Н.Коркишко, В.А.Федоров, В.Е.Прилуцкий, В.Г.Пономарев, И.В.Морев, С.Ф. Скрипников, М.И.Хмелевская, А.С.Буравлев, С.М.Кострицкий, И.В.Федоров, А.И.Зуев, В.К.Варнаков. - Гироскопия и навигация. - 2014. - № 1. - С. 14-25.
3. <https://studfiles.net/preview/2805729/page:3/> Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ТОЧНОСТЬ ВЫРАБОТКИ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРЕНИЙ.

Е.С. Солянко

Анотация. Показаны системы координат калибровочного стенда, а также рассмотрено получение выражений для ускорения объекта в разных системах координат, используемых на установке. Поставлена задача получения работоспособной модели для определения ускорения объекта по начальным данным с введением погрешностей испытательного стенда, влияющих на точность выработки линейных ускорений. Оценка погрешностей необходима для возможности повышения точности калибровки испытываемых датчиков и, как следствие, их применимость к более сложным задачам.

Ключевые слова: погрешности, испытательный стенд, ускорения, моделирование, фильтрация, оценка.

Введение

Поставлена задача рассмотрения системы координат калибровочного стенда с целью определения ускорений при вращательном движении вокруг осей и моделирования его работы с введением погрешностей, влияющих на точность выработки линейных ускорений. Результат моделирования представляется в виде графиков, показывающих изменение ускорений при введении конструктивных погрешностей стенда.

1. Определение ускорения центра масс объекта, установленного на двухосном испытательном стенде

Полное ускорение объекта является суммой относительного $\mathbf{a}_r$, переносного $\mathbf{a}_e$, гравитационного $\mathbf{a}_g$ и Кориолисова $\mathbf{a}_c$ ускорений, будет считаться по формуле (1)

$$\bar{\mathbf{a}} = \bar{\mathbf{a}}_e + \bar{\mathbf{a}}_r + \bar{\mathbf{a}}_c - \bar{\mathbf{a}}_g. \quad (1)$$

Зная значения всех составляющих этого уравнения можно получить значения проекций ускорений, испытываемых объектом по формуле (2)

$$[\mathbf{a}] = [\mathbf{A}_{\lambda_r}][\mathbf{a}_e] + [\mathbf{a}_r] + 2[\tilde{\boldsymbol{\Omega}}_e][\mathbf{V}_r] - [\mathbf{A}_{\lambda_r}][\mathbf{A}_{\lambda_i}][\mathbf{g}], \quad (2)$$

где $[\mathbf{A}_{\lambda_r}]$ и $[\mathbf{A}_{\lambda_i}]$ – матрицы перехода к системам координат, связанных со внутренней и внешней осями стенда; $[\tilde{\boldsymbol{\Omega}}_e]$ – переносная угловая скорость; $[\mathbf{V}_r]$ – относительная линейная скорость.

Данное выражение отображает ускорения при идеальной работе испытательного стенда и полным отсутствием его погрешности.

2. Погрешности испытательного стенда

Рассматриваемый испытательный стенд обладает рядом погрешностей. Эти погрешности влияют на допустимую точность отображения реальных параметров исследуемого объекта. Компенсируя значения этих погрешностей и включив их в формулу для определения значений ускорений можно добиться более точных параметров акселерометров, относительно начальных параметров. После учета погрешностей стенда, влияющих на точность выработки линейных ускорений, можно подставить их в итоговое уравнение ускорений объекта в формуле (3)

$$[\mathbf{a}] = [\mathbf{A}_{\lambda_r}][\mathbf{A}_\varphi](\cos\gamma[\mathbf{a}_e]) + [\mathbf{a}_r] + 2[\tilde{\boldsymbol{\Omega}}_e][\mathbf{V}_r] - [\mathbf{A}_{\lambda_r}][\mathbf{A}_\varphi][\mathbf{A}_{\lambda_i}][\mathbf{A}_\theta][\mathbf{A}_\psi][\mathbf{g}], \quad (3)$$

где $[\mathbf{A}_\theta]$ и $[\mathbf{A}_\psi]$ – матрицы перехода к выставке в горизонт; $[\mathbf{A}_\varphi]$ – матрица перехода, отображающая неперпендикулярность осей; γ – угол, пропорциональный непересечению осей.

Данное уравнение описывает проецирование ускорений на горизонтную систему координат, от системы координат, связанной с объектом на планшайбе стенда, с учетом кон-

структивных погрешностей. Так же это уравнение возможно использовать для моделирования работы измерительного стенда.

3. Модель работы стенда

Модель, реализующая ускорения объекта, построена в среде MatlabSmulink. Данная модель воспроизводит ускорение при наличии движения вдоль осей стенда. По окончании моделирования выводятся значения ускорений и строится их зависимость от времени на график. В модели учтена возможность задать погрешности выставки в горизонт, перпендикулярность, непересечение осей и зашумленность датчиков, тем самым наглядно показывая влияние этих параметров на итоговые результаты измеряемых ускорений. В модели реализована возможность самостоятельно ввести начальные углы поворота вокруг измерительных осей стенда.

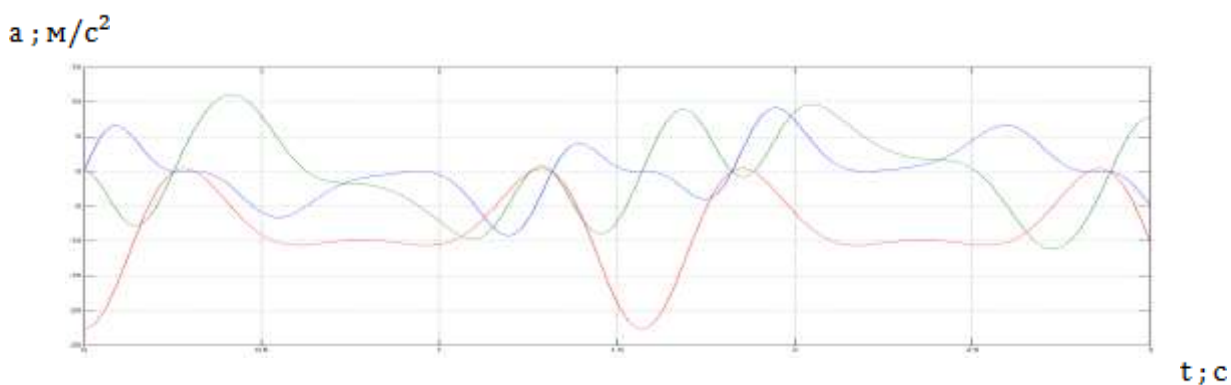


Рис. 1 Результат моделирования при отсутствии погрешностей

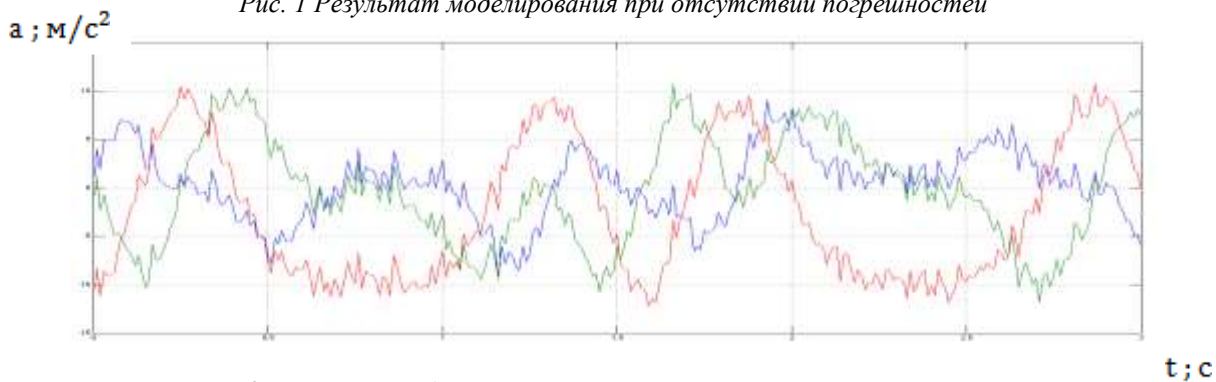


Рис. 2 Результат моделирования при не нулевых величинах погрешностей

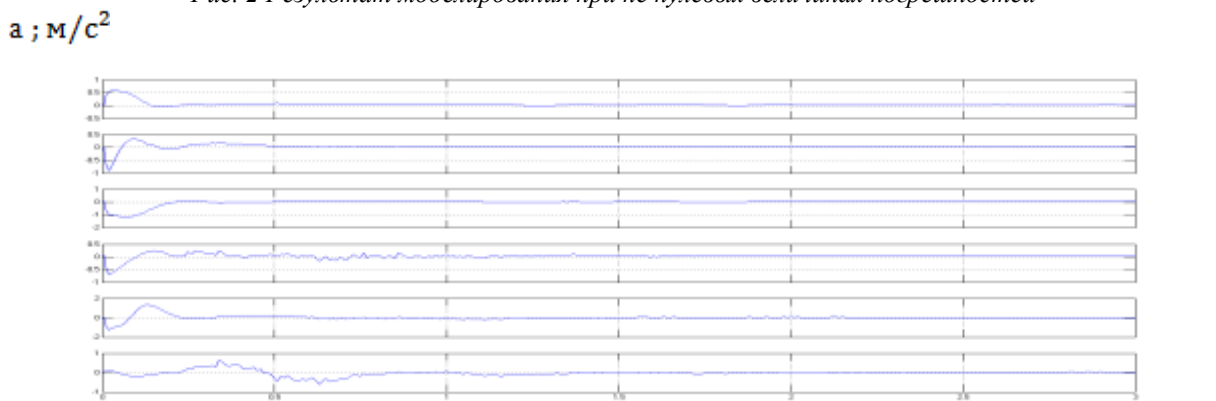


Рис. 3 Оценки погрешностей стенда при использовании Калмановской фильтрации

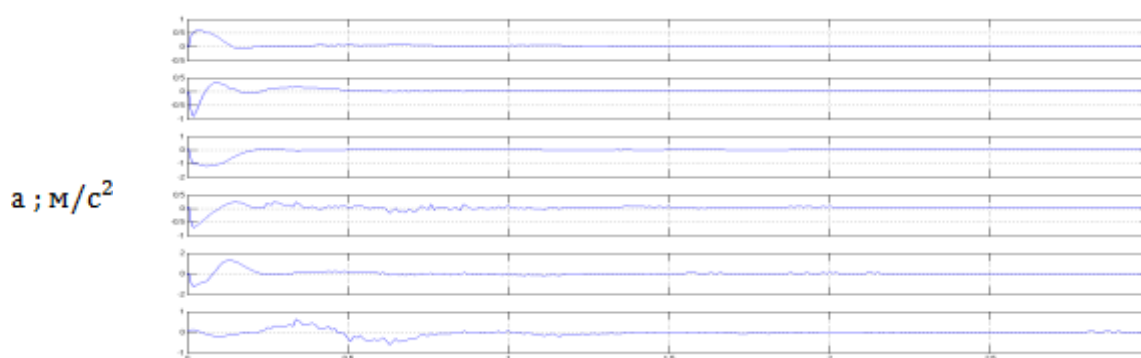


Рис. 4 Оценки погрешностей масштабных коэффициентов и сдвигов нулей при использовании Калмановской фильтрации

Данная функция может применяться для изменения проекции ускорения при калибровке в гравитационном поле Земли. Для осуществления динамического метода калибровки в модели можно задать скорость вращения осей станда, изменяющуюся по гармоническому закону.

4. Обработка полученных измерений по средствам Калмановской фильтрации

В реализованной модели, для обработки измерений и получения оценки исследуемых погрешностей, применяется рекуррентный фильтр Калмана. Вектор состояния системы включает в себя 25 наименований погрешностей, влияющих на измеряемую величину.

По результатам моделирования можно наглядно на графиках сравнить значения при отсутствии погрешностей (Рис.1), с их не нулевыми величинами (Рис.2), оценки погрешностей станда (Рис.3) и оценки масштабных коэффициентов и сдвигов нулей (Рис.4) на выходе модели.

Данные результаты получаются при наличии не точностей равных: $\psi=3^\circ$, $\vartheta=3^\circ$, $\varphi=3^\circ$, $\gamma=1\text{мм}$ и добавление шума СКО= 0.01 м/с^2 . Как можно видеть на графиках, данные погрешности оказывают ощутимое влияние на измерения. Имея возможность их компенсации можно добиться большей точности наблюдаемой величины.

Заключение

Рассмотрены системы координат калибровочного станда и выведены по ним необходимых выражений для ускорения объекта, находящегося на испытательном станде. По средствам моделирования получены значения ускорений при вращательном движении вокруг осей калибровочного станда. Произведен ввод погрешностей испытательного станда с целью сравнения результатов, полученных без погрешности и работы в условиях наличия неточностей изготовления оборудования. Произведена оценка погрешностей измерений. Данная разработка дает возможности ее дальнейшего применения для контроля влияния не точности станда. Используя оценки погрешностей возможно, применяя их, получить значения ускорений больше приближенных к истинным.

Полученные оценки имеют ошибки относительно заданных погрешностей:

Масштабные коэффициенты по осям: x - 0.00265, y - 0.00134, z - 0.00018, при заданных $K_x=K_y=K_z=0.02$

Сдвиг нуля по осям: x - 0.001 м/с^2 , y - 0.00045 м/с^2 , z - 0.00192 м/с^2 , при заданных $p_x0=p_y0=p_z0=0.05 \text{ м/с}^2$

Выставка в горизонт: для $\psi=3^\circ$ ошибка оценки 0.138° , для $\vartheta=3^\circ$ ошибка оценки равна 0.142°

Неперпендикулярность осей: для $\varphi=3^\circ$ ошибка оценки равна 0.026°

Непересечение осей: для $\delta=1$ мм ошибка оценки равна 0.006 мм

Список литературы

1. Дао Ван Ба Диссертация кандидата технических наук на соискание научной степени: Динамический метод исследования погрешностей триады микромеханических акселерометров.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПб, 2015, 113с.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Издательство Высшая школа, 1986, 416с.
3. Терехин В.В. Моделирование в системе MATLAB: Учебное пособие/Кемеровский государственный университет.- Новокузнецк: Кузбассвуиздат, 2004, 376с.
4. Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. – Питер: ДМК Пресс, 2008, 400с.
5. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: Издательство Высшая школа, 1966, 438с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ НАКЛЁПА НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ РЕЛЬСА

Д.Ю. ТВЕРДОХЛЕБОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрено возникновение наклепа (упрочненного слоя) на поверхности катания рельса вследствие неоднократного воздействия поездной нагрузки. Описан способ исследования структуры поверхностных и подповерхностных слоев головки рельса на наличие «холодного» наклепа, не проводящийся на железных дорогах России в настоящее время. Способ основан на взаимосвязи между параметрами акустических волн, распространяющихся в наклёпе и структурно-механическим состоянием металла головки рельса. В рамках работы проведена оценка ультразвуковым контактным методом толщины и характеристик «затвердевших» слоев на поверхности катания рельсов.

Ключевые слова: упрочненный слой, наклёп, рельс P55, ультразвуковой неразрушающий контроль, поверхностные волны.

В настоящее время протяженность железных путей в России составляет 85 тысяч километров [1], что является колоссально большим объемом металла, который требует надежный контроль его качества и периодическую проверку стойкости в процессе эксплуатации. Вследствие неоднократного воздействия поездной нагрузки на поверхность катания рельсов структурное состояние металла (особенно в головке рельса) существенно изменяется, возникают пластическая деформация и наклёп (рис. 1). В последующем увеличивается количество микродефектов, которые являются причиной образования микро- и макротрещин, приводящие к образованию поперечных трещин в головке рельса и его разрушению.

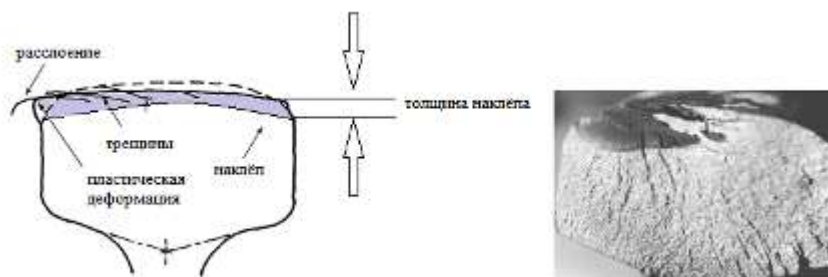


Рис. 1. Изменения в головке железнодорожного рельса в процессе эксплуатации

В связи с этим можно вывод о том, что для безопасного движения составов по железным путям необходимо обеспечить своевременный контроль структуры поверхностных и подповерхностных слоев головки рельса на наличие «холодного» наклепа, не проводящийся на железных дорогах России в настоящее время. Перспективным вариантом в данном случае является ультразвуковой неразрушающий контроль поверхности катания рельса [2], основанный на взаимосвязи между параметрами акустических волн распространяющихся в наклёпе и структурно-механическим состоянием металла головки рельса.

Акустический метод неразрушающего контроля, по сравнению с другими (визуальный, магнитный, вихретоковый и др.), обладает рядом преимуществ, позволяя проводить оценку структурного состояния как на поверхности, так и по всему объему изделия. При этом отсутствует необходимость двухстороннего доступа к объекту, а также есть возможность контроля изделий в процессе эксплуатации.

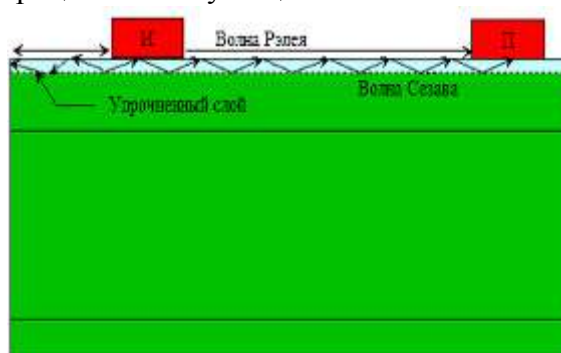


Рис. 2. Положение преобразователей при проведении контроля

В рамках работы проведена оценка ультразвуковым контактным методом толщины и характеристик «затвердевших» слоев на поверхности катания рельсов. Концепция проверки дорожного упрочненного слоя в рельсах [3] основана на анализе параметров ультразвуковых волн Рэлея и Сезава, распространяющихся по поверхности твердого тела с глубиной проникновения порядка одной длины волны (см. рис. 2, 3). При этом использовались наклонные пьезоэлектрические излучатель («И» на рис. 2) и приемник («П» на рис.2). Электрические сигналы на приемном преобразователе приведены на рис.3.

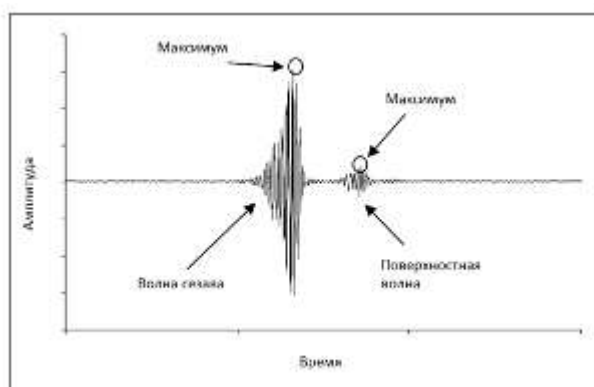


Рис. 3. Сигналы, зафиксированные приемным преобразователем

На основании данных о параметрах сигналов (длительность, время прохождения, амплитуда) можно составить методику определения толщины упрочненного слоя на поверхности катания. Тем самым, подобный подход может быть использован для контроля поверхности рельса и дорожно-упрочненных слоев в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Электронн. дан. Режим доступа: <http://www.rzd.ru>
2. Daniel Hesse. Rail inspection using ultrasonic surface waves. – London: Department of Mechanical Engineering Imperial College London. SW7 2AZ. – 2007. – P. 20-23.
3. Thomas R. Hay. Waves in solids // Final Report for High-Speed Rail IDEA. Proj. 55. – 2008. – P.10-11.

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ВОИНСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

М.Ю. Гляков, А.Д. Тихонов, Р.О. Гольцин

*Научная рота Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии
А.В. Хрулёва*

Аннотация. Исследование современных экологических проблем России дает понять, что в нашей стране особо остро стоит проблема утилизации и переработки твердых бытовых отходов. Воинские части не являются исключением, поскольку утилизацией на местах занимаются муниципальные организации отдельного региона. Для утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) предполагается использовать метод комплексного управления отходами, в основе которого лежат различные подходы к утилизации каждого вида ТБО. Особое место в данном методе занимает вторичная переработка отходов, которая позволяет решить целый ряд экологических проблем.

Ключевые слова: утилизация ТБО, система утилизации, переработка полимеров, уплотнение отходов, вторичное сырье.

Современные темпы научно-технического прогресса характеризуются не только позитивными, но и негативными процессами. Резкое возрастание за последнее столетие объемов промышленного и сельскохозяйственного производства, развитие транспорта, энергетики, рост урбанизированных территорий и увеличение плотности населения, а с ним потребления, привели к увеличению пагубного влияния на природную среду. Возникла необходимость активной борьбы с загрязнением окружающей среды. Среди негативных последствий все больший размах приобретает рост твердых бытовых отходов (ТБО) [1]. Особенно важным становится комплексное решение задач в области минимизации ТБО, их вовлечения в ресурсопотребление и безопасного удаления. В России утилизация и переработка регламентируется федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [2].

Военные объекты, включая технику, жилые военные городки, сети обеспечения и коммуникации являются потенциальными источниками формирования отходов в местах дислокации, временного базирования и нахождения этих объектов. В настоящее время процессу утилизации ТБО в ВС РФ отводится чрезвычайно мало внимания. В 2017 г. начали возводить мусороперерабатывающие предприятия лишь в нескольких военных городках, в качестве эксперимента. Полевой лагерь АПЛ-500 оборудован модулем с мусоросжигательной дизельной установкой, работа которой наносит серьезный вред окружающей среде.

Из мест постоянной дислокации, как правило, вывозом твердых бытовых отходов занимаются муниципальные организации отдельного региона, с которыми заключены соответствующие договоры. Твердые бытовые отходы, образовавшиеся при расквартировании воинских подразделений в полевых условиях, не утилизируются вовсе.

Решить данную задачу представляется возможным благодаря уменьшению объема вывозимого ТБО. Для этих целей предлагается использовать мобильную систему утилиза-

ции и переработки твердых бытовых отходов воинских подразделений, которая позволяет осуществить сортировку, уплотнение ТБО и переработку полимерных отходов непосредственно в местах постоянной дислокации подразделений, в т.ч. в полевых условиях.

Мобильная система утилизации твердых бытовых отходов воинских подразделений состоит из мобильной системы сортировки и уплотнения различных видов отходов, работающей как от электросети так и от механического привода, а так же из установки по переработке полимерных отходов, позволяющей производить штучный строительный материал, такой как тротуарная плитка, кровельная черепица, стеновые панели и др. Компактность и мобильность системы исключают потребность в больших площадях и позволяют размещать ее непосредственно на территории военных подразделений.

Отличительными особенностями от всех имеющихся аналогов является компактность, универсальность, мобильность установки. Системы упаковки позволяют упаковать брикет полипропиленовой лентой или полиэтиленовой пленкой, специальные усиленные ролики позволяют свободно перемещать установку, а измельчитель ТБО, совместно с емкостями для сбора жидкости позволяют удалить жидкость из отходов, что минимизирует трудозатраты оператора. Предлагаемая система высокоэффективна, так как может состоять из неограниченного количества модулей небольшого размера 940x890x2400мм (ДxШxВ), транспортировка которых осуществляется на любой транспортной платформе. Это является ключевым показателем при размещении подразделений вне населенных пунктов, где особо остро стоит проблема утилизации твердых бытовых отходов, что обусловлено повышенными затратами на транспортировку, которые можно существенно снизить, благодаря уменьшению его объема. Сортированные по качественному составу отходы, с возможностью вторичного использования, можно утилизировать на предприятия с получением прибыли, а произведенный штучный строительный материал можно использовать для нужд подразделений или реализовывать на рынок.

Список литературы

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления, - М.: СП Интернет Инжиниринг, 2000.
2. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ

АЛГОРИТМЫ АВТОТРАССИРОВКИ ПРОВОДНИКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Т.А. АГЕЕВА, Е.В. ТКАЧЕВА, А.Д. ШЕВЯКОВ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – КУЗНЕЦОВА ОЛЬГА ВАЛЕРЬЕВНА, К.Т.Н.

*федеральное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), г. Санкт-Петербург*

Аннотация. Трассировка является одним из основных этапов при проектировании печатных плат (ПП) и заключается в определении мест расположения проводников на поверхности ПП между выводами элементов, размещенных в заданном монтажном пространстве, в соответствии с электрической принципиальной схемой устройства при учете конструктивных ограничений. Целью работы является исследование существующих алгоритмов автотрассировки и выявление особенностей их использования.

Ключевые слова: автотрассировка, проводники, печатная плата.

Трассировка является одним из основных этапов при проектировании печатных плат (ПП) и заключается в определении мест расположения проводников на поверхности ПП между выводами элементов, размещенных в заданном монтажном пространстве, в соответствии с электрической принципиальной схемой устройства при учете конструктивных ограничений. Обычно трасса формируется в виде множества связанных отрезков, соединяющих точки электрической цепи. При этом необходимо учитывать различные конструктивно-технические ограничения: допускаются пересечения или нет, возможен ли переход с одного слоя на другой, сколько слоев отводится для трассировки, допустимые ширина проводников и расстояния между ними и т. д.

В настоящее время существует три вида трассировки:

- *ручная*, при которой пользователь сам наносит рисунок проводников на поверхность ПП, используя те или иные программные инструменты;
- *автоматическая*, при которой программа самостоятельно прокладывает проводники на чертеже платы, используя ограничения, заданные разработчиком;
- *интерактивная*, при которой программа (автоматика) делает черновую работу по отрисовке цепи и контролю правил трассировки, а человек указывает программе (роботу) последовательность действий на сложных участках трассировки, контролирует результат её работы шаг за шагом.

Автоматическая трассировка является наиболее комфортной для работы, так как позволяет уменьшить время, затрачиваемое на разработку ПП.

Целью работы является исследование существующих алгоритмов автотрассировки и выявление особенностей их использования.

Алгоритмические методы проводных и печатных соединений существенно различаются. Для проводного монтажа трассировка осуществляется с помощью алгоритмов построения минимальных деревьев соединений. Полная монтажная схема (таблица проводов) получается при последовательном применении указанных алгоритмов для отдельных цепей схемы. Далее, на основании анализа паразитных связей, в полученной монтажной схеме трассы отдельных соединений могут быть скорректированы.

Алгоритмические методы трассировки печатных (пленочных) соединений зависят от конструкции коммутационного поля и могут быть разделены на две основные группы. К первой группе относятся так называемые топографические методы, в которых приоритет отдается метрическому аспекту задачи. Вторая группа основана на графо-метрическом подходе решения задачи трассировки.

Для автоматической трассировки соединений предложено много алгоритмов, отличающихся скоростью и требуемым объемом памяти при реализации его на ЭВМ, а также качеством результата: волновой алгоритм и его модификации, алгоритмы трассировки по магистралям и каналам и ряд комбинированных алгоритмов. Эффективность применения каждого из них определяется рядом факторов: конструкцией коммутационного поля, ресурсами машинного времени и памяти ЭВМ, сложностью схемы соединений.

Известные алгоритмы автотрассировки печатных плат можно условно разбить на три большие группы:

Волновые алгоритмы, основанные на идеях Ли и разработанные Ю.Л. Зиманом и Г.Г. Рябовым. Данные алгоритмы получили широкое распространение в существующих САПР, таких как OrCAD, Protel и P-CAD, поскольку они позволяют легко учитывать технологическую специфику печатного монтажа со своей совокупностью конструктивных ограничений. Эти алгоритмы всегда гарантируют построение трассы, если путь для нее

существует. Недостатком является невысокое быстродействие и необходимость немалого объема ОЗУ;

Ортогональные алгоритмы, обладающие большим быстродействием, чем алгоритмы первой группы. Реализация их на ЭВМ требует в 75-100 раз меньше вычислений по сравнению с волновыми алгоритмами. Такие алгоритмы применяют при проектировании печатных плат со сквозными металлизированными отверстиями. Недостатки этой группы алгоритмов связаны с получением большого числа переходов со слоя на слой, отсутствием стопроцентной гарантии проведения трасс, большим числом параллельно идущих проводников;

Алгоритмы эвристического типа. Эти алгоритмы частично основаны на эвристическом приеме поиска пути в лабиринте. При этом каждое соединение проводится по кратчайшему пути, обходя встречающиеся на пути препятствия. Данный алгоритм реализован в плагине Expedition PCB, представляющий сейчас наиболее мощное решение в области проектирования плат. Основу системы составляет среда AutoActive, позволяющая реализовать такие функции, как предтопологический анализ целостности сигналов, интерактивная и автоматическая трассировка с учётом требований высокочастотных плат и специальных технологических ограничений, накладываемых использованием современной элементной базы.

В результате данного исследования были рассмотрены вопросы, связанные с проведением этапа трассировки в целом, проанализированы алгоритмы автотрассировки, выявлены их достоинства и недостатки, определены алгоритмы, обладающие высокой скоростью и точностью для размещения проводников на поверхности ПП в зависимости от целей разработчика.

Список литературы

1. Картер, Брюс. Техника разводки плат / перевод Андрея Жука // EDA EXPERT: Chip news. – 2016. – №7 (90). – с.63-70
2. Стешенко В.Б. ACCEL EDA: технология проектирования печатных плат. – М.: «Нолидж», 2015. – с.36-40

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В.Е.ФАРТУШНАЯ, Я.О.МИРОНОВА

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – КУЗНЕЦОВА ОЛЬГА ВАЛЕРЬЕВНА, К.Т.Н.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), г. Санкт-Петербург

Аннотация. Проведен сравнительный анализ методов трехмерной печати используемых при изготовлении печатных плат, выявлены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: аддитивное производство, проводники, печатная плата.

Печатная плата (printed board) – изделие, состоящее из плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырезами и системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используют для установки и коммутации электронных компонентов и функциональных узлов в соответствии с электрической принципиальной схемой.

3D-печать или «аддитивное производство» – процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями, отображающими контуры модели. Сфера производства электроники и компонентов для нее – одна из самых интересных с точки зрения применения 3D-технологий. В целом в мире на сегодня существует несколько методов трехмерной печати для изготовления печатных плат и электронных средств. Они существенно различаются по областям применения, а также по стоимости, но все так или иначе используют различные устройства для 3D печати.

Целью данной работы является анализ современных методов трехмерной печати для изготовления печатных плат.

В данной работе рассмотрены основные технологии:

1. Гравировка печатных плат;
2. Печать токопроводящих и диэлектрических дорожек;
3. Аэрозольная 3D печать.

В результате проведенного исследования выявлены достоинства и недостатки современных методов трехмерной печати используемых при изготовлении печатных плат, проведен сравнительный анализ методов и сделаны выводы.

Список литературы

1. Романова Е.Б., Кузнецова О.В., Кузнецов А.Ю. Основы конструирования электронных средств: практикум. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 53 с.
2. http://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/
3. <http://digitrode.ru/newtech/3d-printing/281-izgotovlenie-pechatnyh-plat-s-pomoschyu-3d-printera.html>

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

РАЗРАБОТКА ТОПОЛОГИЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ, СОПРЯЖЕННЫХ С ГИБКИМИ МАТРИЦАМИ ISFET ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Е.Т. Сидорина, Д.М. АЛЕКСЕЕВ, Т.М. Зими́на

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе рассматриваются топологии микрофлюидных систем, необходимых для доставки проб к чувствительным элементам многопараметрического сенсора. Проведена разработка вариантов данных топологий. В качестве многопараметрического сенсора используется биосенсор, чувствительными элементами которого является матрица органических ISFET.

Ключевые слова: многопараметрический сенсор, биосенсор, микрофлюидная система, ISFET.

Разработка биосенсоров для биомедицинского экспресс-анализа является актуальной и важной задачей. Одним из перспективных направлений реализаций сенсорного элемента является применение полевых транзисторов (FET). Эти транзисторы реализуются в настоящее время как в виде классических корпусированных элементов, так и в виде органических матриц нового поколения. Это направление получает активное распространение последние годы.

Наиболее перспективным направлением является использование ион-чувствительных полевых транзисторов (ISFET), которые в диагностике могут применяться для измерения pH, ионной силы электролитов, определения растворенных газов в крови, а также для реализации электрического контакта с живыми клетками, в частности с нейронами.

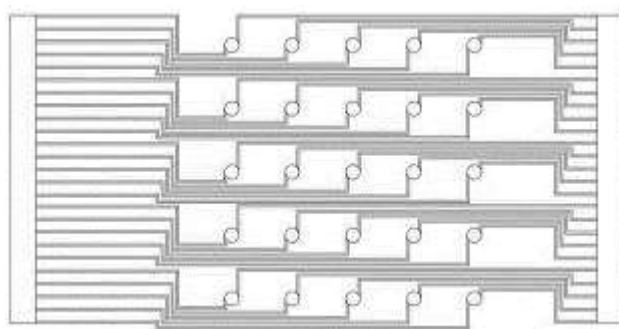


Рис.1 Топология системы, содержащей элементы титрования.

В данной работе решается задача сопряжения матрицы органических ISFET с микрофлюидной системой для осуществления адресной доставки компонентов реакции. Матрица содержит 25 элементов (5x5). Рассмотрен ряд вариантов доставки проб к чувствительному элементу. Первый - система из 25 каналов, содержащих автономный вход и выход. Второй вариант содержит элементы титрования.

Системы изготавливаются путем толсто пленочных технологий, включая лазерную абляцию, фотолитографию и печать. Такая конструкция может быть выполнена в виде сэндвич-структуры, состоящей из 6 слоев.

Микрофлюидные системы такого типа могут применяться в клиническом анализе для определения рН биологических жидкостей, анализа физиологических проб, для количественного определения биомаркеров.

Список литературы

1. Гвоздев Ю.А., Хафизов Р.А., Кузнецова Н.В., Зимина Т.М., Гаммадов Ш.А., Мухамедович Ш.М., Каблук Д.Е., Соловьев А.В., Цветков Б.Н. Элементы микрогидравлической логики в лабораториях-на-чипе. Биотехносфера 2013. №6 с.2-15
2. Зимина Т.М., Гвоздев Ю.А., Ширинян Т.В. Лаборатории-на-чипе: современное состояние. Биотехносфера 2014. №6 с.41-66
3. Bergveld, P. "The impact of MOSFET-based sensors". Sensors and Actuators

СОПРОВОЖДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

М.С. АШАПКИНА¹, А.В. АЛПАТОВ¹, А.А. ЧЕКУШИН²

¹Рязанский государственный радиотехнический университет, Россия, Рязань

²Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Россия, Рязань

Аннотация. При осуществлении реабилитации пациента с заболеваниями и травмами коленного сустава ведущее направление приобретает лечебная физкультура в комплексном лечении посттравматического артроза. Реабилитационные услуги по лечебной физкультуре есть не во всех поликлиниках и, как правило, предоставляются частными организациями, которые не в состоянии обеспечить всех пациентов, к тому же для большинства населения лечение имеет слишком высокую стоимость. С точки зрения мобильных систем у пациента появилась возможность использовать смартфон как устройство мониторинга за своим состоянием, путем анализа первичных данных о здоровье, собираемых с помощью датчиков и удаленного взаимодействия с врачом и клиникой.

Ключевые слова: реабилитация, лечебная физкультура, мобильное приложение, датчики движения, акселерометр, гироскоп

Работа выполняется при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, проект № СП-2093.2018.4»

Социально значимое заболевание, такое как артроз, представляет собой колоссальный ущерб для общества, связанный с высокой заболеваемостью, временной нетрудоспособностью и частой инвалидностью, что приводит к ухудшению качества жизни и появлению сопутствующих заболеваний. Поэтому пациенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата, а также после операций нуждаются в проведении медицинской активной реабилитации. Для успешной коррекции необходимо своевременно заниматься лечебной физкультурой и естественной физической нагрузкой в виде ходьбы, допустимые пределы, которые устанавливает врач-травматолог. Нужно точно соблюдать допустимые пределы физических нагрузок, чтобы не создать неудобства при их выполнении и не помешать процессу восстановления.

Дистанционное наблюдение за состоянием здоровья пациента очень актуально в области реабилитации. При осуществлении реабилитации пациента с заболеваниями и

травмами коленного сустава важную роль играет лечебная физкультура в комплексном лечении коленного сустава [1].

Регулярные физические нагрузки способствуют укреплению мышц и костей опорно-двигательного аппарата, в частности улучшению метаболической регуляции хрящевой ткани, облегчая движение синовиальной жидкости внутрь хрящевого матрикса [2]. Лечебная физкультура помогает бороться с нарушением периферического кровообращения и атрофией мышц, позволяют купировать болевой синдром [3].

Реабилитационные услуги по лечебной физкультуре есть не во всех поликлиниках и, как правило, предоставляются частными организациями, которые не в состоянии обеспечить всех пациентов, к тому же для большинства населения лечение имеет слишком высокую стоимость.

Реабилитация – длительный процесс. В большинстве случаев пациенты лечатся амбулаторно и остаются без прямого контакта с врачом. Вне стен клиники врач не может полностью контролировать процесс восстановления пациента, поэтому снижается эффективность всей реабилитации. Из-за этого лечение не может принести к ожидаемому результату [4].

При самостоятельных занятиях лечебной физкультурой пациент должен адекватно оценивать возможности своего организма, соблюдать технику выполнения упражнений и своевременно консультироваться со специалистом.

Учитывая большое количество клиентов, нуждающихся в реабилитации при травмах и заболеваниях не только коленного сустава, но и при патологии других локализаций, можно сделать вывод о том, что необходима такая система реабилитации, которая способна охватить до нескольких тысяч пациентов различного профиля [5]. Кроме того, удалённость пациента от центров реабилитации привносит дополнительные трудности на амбулаторном этапе лечения.

Основные проблемы – недоступная реабилитация и отсутствие контроля восстановления вне стен стационара. Приоритетным решением проблемы является разработка системы контроля двигательной активности человека в реабилитационный и постреабилитационный период для автоматизированного контроля качества выполнения лечебной профилактической физкультуры с помощью точного балансирования количества и качества физической нагрузки за пределами медицинского учреждения. Предлагаемая система будет состоять из мобильного приложения, гаджета и онлайн-кабинета специалиста. Это позволит уменьшить экономические затраты и поможет пациенту самостоятельно реабилитироваться под удаленным контролем врача, что ускорит процесс восстановления в амбулаторный период. На данный момент разрабатывается мобильное приложение «НеФитнес» [6].

Цель работы – разработка программного обеспечения для распознавания реабилитационных упражнений. Тестирование работоспособности программного обеспечения и его коррекция.

Когда пациент будет заниматься физическими нагрузками, мобильное приложение сравнит новые значения выполняемых упражнений с эталонными с помощью алгоритма распознавания движений по анализу ускорений в трех измерениях. В случае ошибочного выполнения упражнения будут выдаваться рекомендации по его коррекции.

Пациент устанавливает датчик чуть выше щиколотки. Далее активируется процесс считывания данных с датчиков. В качестве датчика использовался смартфон, закрепленный в чехле. Пользователь сохраняет неподвижность и ожидает голосовой

команды на выполнение упражнений. При этом данные с датчиков проверяются на предмет превышения амплитудного порога, и если неподвижность подтверждается в течение нескольких секунд, то запускается блок калибровки.

Далее происходит расчет углов ориентации на основе комплементарного фильтра. Полученные данные вместе с предварительно созданными паттернами для каждого упражнения поступают в блок анализа правильности траекторий по алгоритму DTW и в блок оценки амплитуды, синхронности выполнения и фиксации факта повтора итерации упражнения. Эти данные используются для подсчета оценочных баллов с учетом пороговых значений, хранящихся в базе данных. В результате пользователь может видеть итоговые оценки выполнения упражнения. Данный алгоритм выполняется при каждом повторе одного упражнения [7].

Расчет параметров, определяющих качество выполнения упражнения, основан на вычислении следующих количественных характеристик каждой итерации движения: правильность, синхронность, амплитуда, количество повторов.

Синхронность выполнения подразумевает, что два измеряемых параметра будут изменяться во времени одинаково по амплитуде и фазе. Под амплитудой сигнала понимается разница между максимальным и минимальным измеренными значениями углов Эйлера во время выполнения упражнения. Для исключения влияния случайных выбросов и шумов при анализе максимума и минимума предусмотрено окно допуска, внутри которого данные усредняются и за максимальную (или минимальную) точку принимается усреднение пиков максимума (или минимума). Также при анализе результатов осуществляется оценка выхода за предварительно установленный порог.

Основная функция приложения реализуется на базе алгоритма DWT. Этот алгоритм был выбран в качестве метода оценки степени схожести двух траекторий с учетом разной скорости выполнения упражнений и, следовательно, различной длительности блоков данных. Классическая реализация алгоритма включает в себя построение матриц разностей между текущей траекторией и «эталонной».

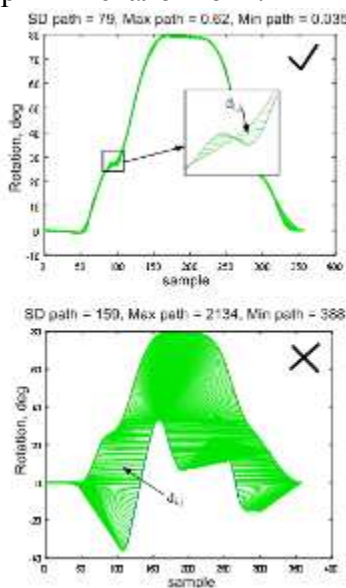


Рис. 1. Результаты расчета правильности выполнения по алгоритму DTW

Для оценки разности использовалось Евклидово расстояние. Особенностью алгоритма является подготовка данных для расчета, путем устранения линейного тренда методом

наименьших квадратов. Далее по матрице дельт происходит расчет матрицы деформации в окрестности текущего элемента матрицы. По полученной таким образом матрице строится минимальный путь, т.е. цепочка значений матрицы отобранных по критерию минимизации стоимости.

Для двух идентичных наборов данных таким путем будет диагональ матрицы. Меры отклонения пути от диагонали служат косвенным признаком «непохожести» траекторий углов поворота. Пример результатов расчета для упражнения подъема голени показан на рисунке 1.

Приведенные результаты расчетов выполнения восстановительных упражнений указывают на возможность использования алгоритма на практике. Наличие технического осуществления оценки правильности выполнения пациентом реабилитационного комплекса реализовывает удалённое взаимодействия врача и пациента и обратной связи с ним. Планируется разработка методических рекомендаций по проведению реабилитации с помощью мобильного приложения и тестирование мобильного приложения в контролируемых врачом условиях.

Список литературы

1. Миначов Т.Б., Филатова Л.Р., Миначов И.Б. Комплексная реабилитация после повреждений коленного сустава / Т.Б. Миначов, Л.Р. Филатова, И.Б. Миначов // Гений ортопедии. – 2010. – №4. – 29-31.
2. Рябчиков И.В., Панков И.О., Рябчикова Е.Н. Пассивная механотерапия в реабилитации пациентов с повреждениями крупных суставов нижних конечностей / И.В. Рябчиков, И.О. Панков, Е.Н. Рябчикова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. - №4 (80), ч.1. – С.168-171.
3. Елифанов В.А. Лечебная физкультура: Учебное пособие / В.А. Елифанов. – М: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа».2006. – 568 с.
4. Федосеев А.В., Алпатов А.В., Ашапкина М.С., Чекушин А.А. Рекомендации по выполнению упражнений для суставов под контролем смартфона в режиме удалённого доступа // Материалы III Международного Конгресса «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. Спортивная медицина». 2017. С.129.
5. Чекушин А.А., Федосеев А.В., Бердиев Р.М., Ашапкина М.С. Возможности оценки физической активности травматолого–ортопедических пациентов в условиях реабилитации // Сборник тезисов Международной конференции «Травма 2017: мультидисциплинарный подход» – Москва: Издательско-полиграфический центр «Научная книга» – 2017. С. 139-140.
6. НеФитнес [Электронный ресурс] URL: <https://vk.com/nefitnes> (дата обращения 08.03.2018).
7. R. J. Kate. Using dynamic time warping distances as features for improved time series classification. Data Mining and Knowledge Discovery. – 2015. P. 1–30.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИНХРОННОГО НАКОПЛЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОЙ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ СИГНАЛА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ

В.С. БЕЛОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данном докладе представлена разработка алгоритма для выделения информативной пульсовой волны сигнала фотоплетизмограммы (ФПГ) с использованием принципа синхронного накопления наиболее коррелируемых на определенном временном промежутке пульсовых волн друг с другом. Представлена зависимость количества успешно выделенных пульсовых волн в сигнале на фоне помехи от уровня соотношения сигнал/шум.

Ключевые слова: фотоплетизмограмма, принцип синхронного накопления, корреляционный анализ, ЭКГ.

Актуальность. Актуальной задачей разработки портативных технических устройств на основе личного смартфона, позволяющих контролировать физиологическое состояние пациента и отправлять о нем данные на сервер [1], является обеспечение их возможностью анализа зарегистрированных сигналов с целью выделения информативной составляющей на фоне нестационарных помех, вызванных двигательной активностью пациента во время процедуры регистрации [2]. В данном докладе представлена разработка алгоритма, обеспечивающего анализ фотоплетизмограммы (ФПГ) и синхронной ЭКГ с использованием сочетания принципа синхронного накопления и корреляции.

Методы. Регистрация ФПГ сигнала и синхронной ЭКГ производилась для одного пациента фрагментами длительностью по 5 минут. Составленная выборка содержала 23 записи ФПГ и соответствующие им ЭКГ. $F = 250$ Гц - частота дискретизации сигналов после ФНЧ прореживания.

Для устранения высокочастотной помехи и во избежание фазового сдвига использовалась двусторонняя фильтрация ЦФ Баттерворта с частотой среза $F = 35$ Гц. Амплитуда сигналов нормировалась по медиане размаха всех пульсовых волн в пределах каждого сигнала.

По синхронной записи ЭКГ определялись положения R -зубцов, которые используются в дальнейшем как точки начала отсчета при обнаружении начала следующей после QRS -цикла пульсовой кривой на сигнале ФПГ.

Для определения пределов изменения коэффициентов взаимной корреляции (КВК) по всему экспериментальному набору записей были рассчитаны КВК между каждым циклом ФПГ в пределах одного сигнала по формуле:

$$R_{xy} = \frac{1}{N\sigma_x\sigma_y} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)y(n),$$

где $x(n)$ и $y(n)$ – значения двух пульсовых циклов на отсчете n , N – общее число отсчетов цикла, σ_x и σ_y – соответствующие среднеквадратичные отклонения.

Гистограмма значений КВК, представленная на рис. 1, показывает зависимость количества КВК от диапазона его значений по всему экспериментальному набору данных. Порог для значений КВК, рассчитываемых на следующих этапах разработки, определялся по гистограмме и был выбран равным $R_{\pi} = 0,95$.

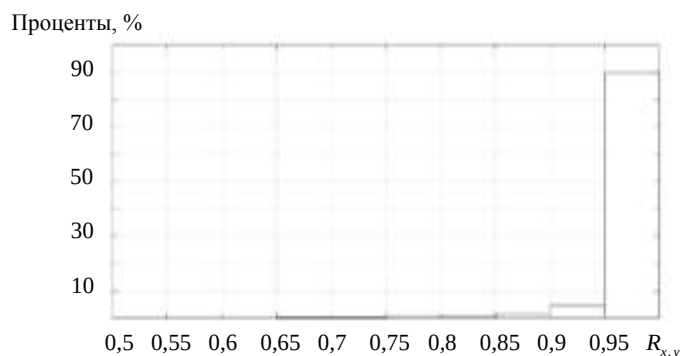


Рис. 9

Далее для каждой десятки пульсовых волн сигнала ФПГ составляется матрица корреляции, по которой определяется тройка волн, наиболее коррелируемых между собой и имеющих $R_{x,y} \geq R_n$. Из них вычисляется опорная модель пульсовой волны по формуле среднего:

$$X_{on}(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(n),$$

где $X_{on}(n)$ - значение модели на отсчете n ; N – общее количество отсчетов; $X_i(n)$ - значение i -той волны из наиболее коррелируемой тройки на отсчете n .

Затем между всеми составленными по сигналу моделями циклов рассчитывается матрица корреляции, с помощью которой исключаются такие модели, имеющие КВК с остальными, который не удовлетворяет условию порога, т.е. с $R_{x,y} \leq R_n$. Это позволяет исключить использование в дальнейшей работе алгоритма опорные волны, которые были составлены по участкам ФПГ, не несущих полезную информацию о характере сигнала и, следовательно, не подлежащим дальнейшему анализу.

Динамическое во времени составление опорной модели цикла ФПГ, т.е. её вычисление по каждым последующим десяти пульсовым волнам, позволяет учитывать изменения физиологического состояния пациента, соответствующие определенному моменту времени на сигнале ФПГ. Это осуществляется таким образом: между соответствующей моделью и каждым циклом из десятки волн, из которых составлялась модель, рассчитывается КВК. При этом, если КВК удовлетворяет условию порога, т.е. $R_{x,y} \geq R_n$, пульсовая волна отбирается для последующего анализа, предусмотренного устройством.

На рисунке 2 представлен график, отражающий количество успешно выделенных информативных волн на зашумленном сигнале по отношению к количеству, полученному на «чистом» сигнале, в зависимости от отношения сигнал/шум - уровня SNR, вычисляемого по формуле:

$$SNR = \frac{A}{\sigma_{ш}},$$

где A – медиана значений размаха пульсовой волны на данной записи ФПГ, а $\sigma_{ш}$ – среднеквадратичное отклонение помехи, соответствующее определенному уровню SNR.

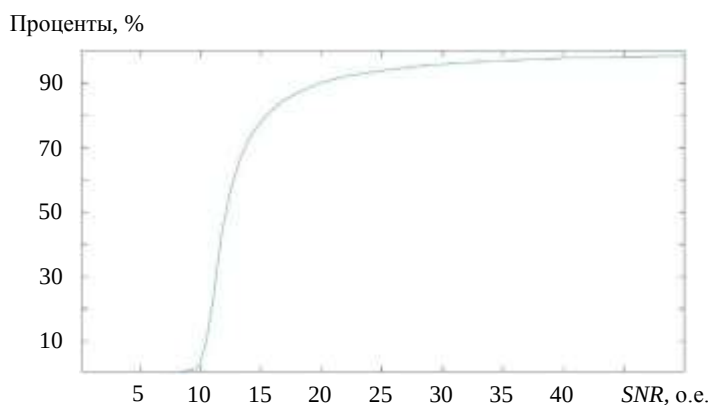


Рис. 2

Выводы. Разработанный алгоритм позволяет выделять информативные участки сигнала ФПГ с помощью опорных моделей, динамически рассчитываемых по сигналу на определенном временном промежутке с использованием сочетания принципа синхронного накопления и корреляционного анализа пульсовых волн друг с другом. Таким образом, он лишен главного недостатка алгоритмов, которые используют базы данных уже готовых моделей биосигнала [3], а именно – невозможности выделить информативную составляющую сигнала, если модель его формы не присутствуют в базе данных [4].

Анализ на помехоустойчивость показал, что разработанный алгоритм стабильно справляется с выделением пульсовых волн зашумленного аддитивной помехой сигнала до уровня $SNR \approx 15$.

"Работа выполнена при финансовой поддержке проекта, исполняемого по Федеральной целевой программе (раздел 1.3) Министерства образования и науки РФ, соглашение № 14.578.21.0122 от 28.10.2015 г., а также гранта РФФИ № 16-07-00722."

Список литературы

1. Бройко А. П., Гончаров Д. В., Калинин С. Б. Разработка портативного комплекса для непрерывного дистанционного контроля физиологического состояния и местоположения человека. // Биотехно-сфера. 2009. №5. С.33-37.
2. Федотов А. А., Акулов С. А. Анализ методов обнаружения пульсовой волны сигнала артериальной пульсации крови. // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. №6-1. С.35-39.
3. Мамонтов Я. С. Анализ и классификация фотоплетизмограмм с помощью нейронной сети Хопфилда. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2014. №4. С.53-58.
4. Кривоногов Л. Ю. Метод и алгоритмы помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов на основе эмпирической модовой декомпозиции. // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. №10 (159). С.104-114.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОПАСНЫХ АРИТМИЙ ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ ОПИСАНИЮ ЭКГ-СИГНАЛА

М.А. БОЛОТОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе рассмотрено несколько методов классификации тахикардий. С помощью данных методов делается попытка более четкого разделения данных классов, с минимизацией ошибки. Также, для проверки адекватности решения используется сравнение данных методов с линейным дискриминантом Фишера по расстоянию между классами.

Ключевые слова: аритмия, тахикардия, SVM, ЛП, сердце, кардиология, ЛДФ, классификация, классы, методы.

Актуальность. В современном мире своевременное определение аритмии является очень важной задачей в кардиологии, т.к. внезапное нарушение сердечного ритма может привести к смерти. В частности, если быстро не определить, что у человека началась пароксизмальная тахикардия (одна из видов аритмий), и не помочь этому человеку, он может умереть. Сейчас используется множество методов и современных алгоритмов для программного обнаружения аритмий и их классификации. Очень много внимания уделяется методам, основанным на нейронных сетях и машинном обучении, таким, как например SVM (Машина опорных векторов) [1]. Соединяя и сравнивая между собой несколько методов можно прийти к пониманию того, какой из этих методов лучше

подойдет для распознавания той или иной аритмии или же, например, составить комбинированный предиктор (КП), который будет включать в себя комбинацию нескольких методов, которые в общей совокупности могут дать результат выше, чем каждый из них по отдельности [2].

Цель работы. Сравнить между собой два метода классификации: метод линейного программирования (ЛП) и метод SVM и понять, какой из них осуществляет разделение классов с наименьшим количеством ошибок и лучше подходит для разделения классов некоторых видов тахикардий.

Содержание работы. В работе использовались два класса – класс пароксизмальной тахикардии (ПТ) и класс желудочковой тахикардии вида «Пируэт» (ПИР). Данные обоих классов брались из их спектрального описания, и дальнейшая работа велась, соответственно, со спектральным описанием данных классов. Все исследования, построение графиков и проведение вычислений проводились в пакете MATLAB.

Этапы проведения исследования для разделения данных классов:

Взяты спектральные описания обоих классов, которые описывались 25-ю объектами и 6-ю признаками (шестимерное пространство).

Чтобы разделить классы (линейно) к ним применялись поочередно методы SVM и ЛП.

Подбирая экспериментальным образом параметр C , регулировалось соотношение расстояние/ошибка метода SVM.

Сравнивалось оптимальное максимизированное расстояние между крайними объектами двух классов, а также процент ошибок при проведении классификации.

Для оценки правильности классификации в многомерном пространстве, пространство искусственно было снижено методом главных компонент до двумерного, и уже в двумерном пространстве также применялись эти два метода и сравнивались полученные значения.

Также, для оценки правильности разделения классов использовался метод линейного дискриминанта Фишера (ЛДФ) для снижения пространства в одномерную размерность и оценки расстояний между центрами обоих классов.

Результаты работы. Поскольку классы пересекаются между собой, в двумерном пространстве была получено следующее изображение:



Рис. 1. Картина разделения классов в двумерном пространстве при помощи метода SVM

Похожая картина получилась и в методе ЛП, однако она была несколько хуже, чем при использовании SVM.

Все результаты, проведенного исследования приведены в следующей таблице:

Таблица 1

Метод	Marg(6)	Marg(2)	Marg(1)	Pe_te(6) (%)	Pe_te(2) (%)	Pe_te(1) (%)
SVM	0.08	0.1303	-	0.12 (6)	0.14 (7)	-
ЛП	0.07	0.098	-	0.14 (7)	0.14 (7)	-
ЛДФ	-	-	0.114	-	-	0.2 (10)

Заключение. Было проведено исследование для разделения двух классов – ПТ и ПИР с использованием двух методов: SVM и ЛП. Метод SVM показал себя с наиболее лучшей стороны, так как удалось в шестимерном пространстве найти такую классификацию, которая соответствует минимальному количеству ошибок (6), несмотря на то, что при этом и расстояние тоже снижается. Однако метод ЛП, решает задачу быстрее, чем SVM (время решения значительно ниже). Использование ЛДФ и те значения, которые получены с его помощью подтверждают то, что задача решена верно, т к остальные расстояния «группируются» вокруг значения 0.114. В дальнейшем работа с данными методами будет продолжена, главной задачей будет увеличение параметра Marg (расстояния) при том, что количество ошибок останется минимальным.

Список литературы

1. Лепский А.Е., Броневиц А. Г. Математические методы распознавания образов. — Таганрог.: ТТИ ЮФУ, 2009. — 155 с.
2. C. Giuliani, S. Man, S. Fioretti, и др. //Computing in cardiology: тез. докл. XLII международной науч.-техн. конф., Ницца, 6-9 сент. 2015 г./ Computing in Cardiology 2015; 42:657-660.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Д. И. БОНДАРЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассказывается о методике использования компьютерного моделирования для диагностики состояния шейного отдела позвоночника при реконструкции.

Ключевые слова: шейный отдел позвоночника, метод конечных элементов, биомеханический метод диагностики, компьютерное моделирование.

Актуальность. Раковые опухоли могут рассылать метастазы в самые разные органы и ткани, и даже в кости. Новую опухоль, которая начала развиваться из метастаза, часто можно удалить хирургическим путём. В мире известно одиннадцать случаев протезирования шейных позвонков, пораженных злокачественными опухолями. Операции по одновременной замене пяти шейных позвонков – большая редкость в медицинской практике, даже в травматологии, хотя как раз в первую очередь травматологи вынуждены разрабатывать технологии, позволяющие проводить такого рода процедуры [1].

Целью данной работы является разработка алгоритма биомеханического исследования состояния структур шейного отдела позвоночника при реконструкции.

При этом необходимо решить следующие задачи:

1. Построить содержательную модель шейного отдела позвоночника с имплантом для пациента при внешних воздействиях;
2. Построить компьютерную модель шейного отдела позвоночника с встроенным в него имплантом и без него. Провести вычисления напряженно - деформированного состояния (НДС) в структурах шейного отдела позвоночника как с имплантом так и без него;
3. Определить стабильность предложенного варианта импланта.

Материалы и методы. При построении содержательной модели введены следующие допущения:

1. Материал позвонков и связок является сплошным, изотропным и упругим;
2. В материалах отсутствуют начальные напряжения;
3. Нагружение производится по нормали к боковым массам и заднему бугорку первого шейного позвонка (атланта);
4. Введено жесткое закрепление нижней части седьмого шейного позвонка, а именно суставных поверхностей и тела позвонка.

При построении компьютерной модели выполнено следующее:

1. Просмотр серии снимков КТ и МРТ пациента в специализированной программе DICOMViewer;
2. Программное 3D-моделирование по этим срезам в специализированной программе MIMICS;
3. Создание маски и выделение нужных позвонков;
4. Удаление структур, не используемых для дальнейшего исследования;
5. Экспорт поверхности в формате .stl, выбор оптимальных параметров (число итераций сглаживания и максимальное количество полигонов);
6. Импорт в программу SolidWorks 2016, создание твердотельной модели позвонков.
7. Создание моделей связок и межпозвонковых дисков в SolidWorks 2016;
8. Создание модели импланта ТПФТитан;
9. Сборка всех элементов: связок, межпозвонковых дисков и позвонков.

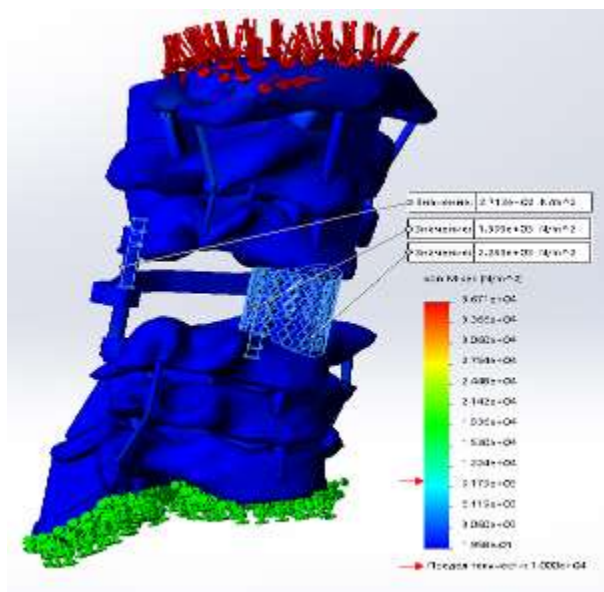


Рис. 1. Эпюра напряжений в реконструированной модели шейного отдела позвоночника

На рис. 1 и 2 соответственно, приведены эпюры напряжений и перемещений в шейном отделе позвоночника при реконструкции при нагрузке 200 Н приложенной по нормали к боковым массам и заднему бугорку первого шейного позвонка (атланта).

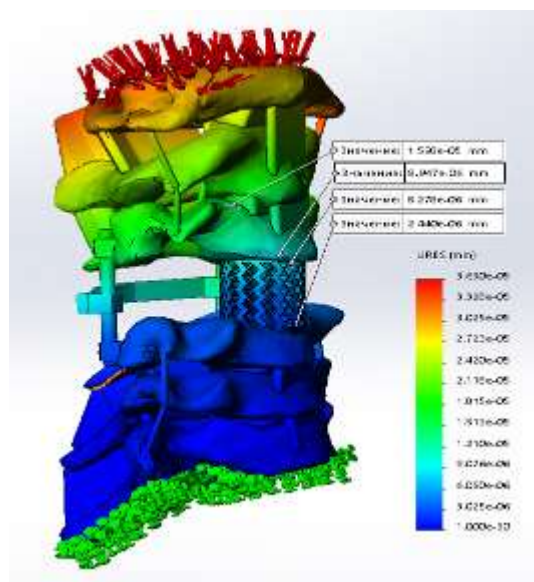


Рис. 2. Эпюра перемещений в реконструированной модели шейного отдела позвоночника

Результаты и обсуждения. При расчете НДС в структурах шейного отдела позвоночника заданы следующие механические свойства:

Таблица 1

Механические свойства элементов реконструированного позвоночника

	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона
Позвонок	12000	0.3
Межпозвонковый диск	5	0.49
Связки	15	0.3
ТПФТитан	112000	0.4

Вычисления проведены методом конечных элементов. Компьютерная модель реконструированного позвоночника разбита на $5 \cdot 10^5$ конечных элементов.

Анализ поля перемещений показал: наибольшим перемещениям ($3.6 \cdot 10^{-5}$ мм) подвержена зона дугоотросчатых суставов, расположенных выше установленной системы фиксации. Полученные значения не превышают допустимые значения перемещений – 3 мм, при которых система фиксации считается стабильной.

Выводы. Разработанный алгоритм биомеханического исследования состояния структур шейного отдела позвоночника при реконструкции позволяет создавать трехмерные модели биологического объекта, максимально приближенные к реальным, как по геометрической форме, так и по биомеханическим свойствам материалов. Созданные модели можно использовать для проведения математических экспериментов, имитирующих нагружения на реконструированный сегмент шейного отдела позвоночника и анализировать стабильность системы фиксации.

Список литературы

1. Смирнова, Ю. (4 2 2016 г.). Позвоночные протезы спасают от рака. Получено 4 2 2018 г., из Наука и Жизнь: <https://www.nkj.ru/news/28096/>

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ РЕГИСТРАЦИИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ РАСТЕНИЙ

А.В. Бушлякова¹, Т.Э. Кулешова², Н.Р. Галль²

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Аннотация. Работа посвящена разработке автоматизированного неинвазивного метода регистрации биоэлектрических потенциалов в системе почва-растение в режиме реального времени. Биологическое тестирование, проведенное на хлорофитуме, показало корреляцию изменения биоэлектрических потенциалов и транспирации, а также влажности почвы. Предложенный метод является перспективным для использования при фитомониторинге состояния растения.

Ключевые слова: биоэлектрический потенциал, растение, фитомониторинг, микроконтроллер.

Различия в электрическом потенциале между разными частями растения или между растением и почвой называются биоэлектрическими потенциалами (БЭП). Это пассивные электрические измерения различий относительно электрохимической активности между двумя точками.

Биоэлектрические потенциалы связаны с циркуляцией воды и транспортом минеральных элементов, что характеризует жизненный цикл растений и их метаболизм. Можно сказать, что данный показатель является одним из ключевых в обмене веществ [1].

Используют два разных метода для измерения биоэлектрических потенциалов у растений, а именно: внеклеточный и внутриклеточный. Внутриклеточный потенциал измеряется методом локальной фиксации потенциала – с помощью введения в клетку микроэлектродов. Такие измерения могут быть эффективны только в течение короткого периода времени (1-2 часа), так как часть электролита внутри электрода диффундирует в измеряемую ячейку и изменяет ее первоначальное биоэлектрическое состояние. Также внутриклеточные измерения характеризуют мембранные потенциалы и электрические сигналы только одной конкретной клетки [2]. Внеклеточный или поверхностный потенциал измеряется путем приложения электродов к поверхности растения, этот метод достаточно удобен, так как с помощью него можно измерять электрические потенциалы в течение всего периода жизнедеятельности растения.

Внеклеточные измерения основаны на исследовании суммарной биоэлектрической активности в больших группах клеток. Может быть выделено два способа проведения измерений потенциалов: неинвазивные и инвазивные. Введение электродов в ткани растения вызывает реакцию живого организма на рану и приводит к стрессу. На наш взгляд, неинвазивные измерения кажутся более подходящими для мониторинга за состоянием растения и его реакции на изменение внешних условий. Также такие измерения можно проводить и одновременно с другими физиологическими методами.

В данной работе использовался метод поверхностных неинвазивных измерений биоэлектрических потенциалов. В качестве объекта для исследования были взяты распространенные комнатные растения – хлорофитумы хохлатые. Схема рабочей установки представлена на рисунке 1 – две проводящие сетки из нержавеющей стали с выводами в виде электродов помещены в емкость, заполненную почвой, на разном по высоте уровне. Сверху посажено растение, корни которого контролируемо были пророщены сквозь сетки и касались поверхности электродов.

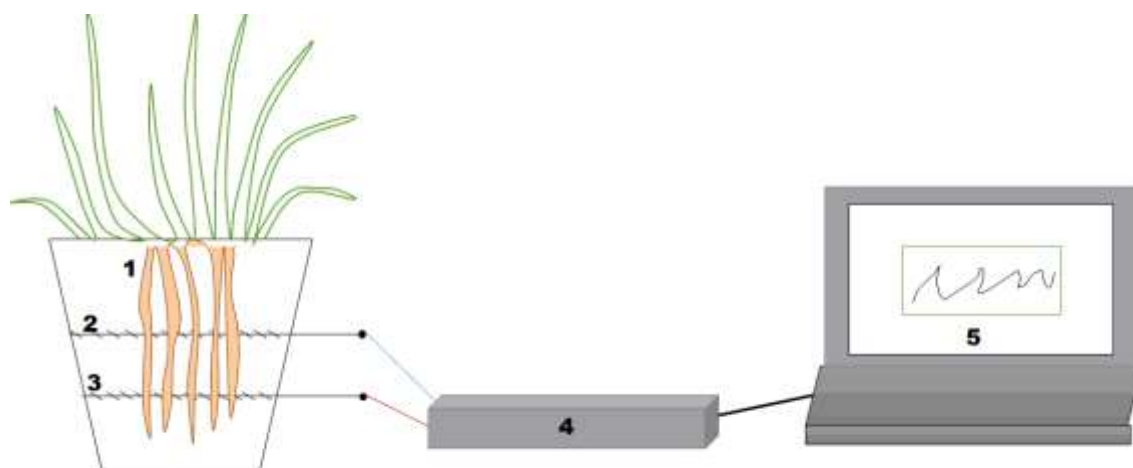


Рис. 1. Вид экспериментальной установки: 1 – корни растения, 2, 3 – электроды в виде сеток с выводами из емкости с субстратом, 4 – микроконтроллер, 5 – программное обеспечение.

Биоэлектрические потенциалы растения регистрировались двумя способами: с помощью мультиметров с различным внутренним сопротивлением (1 МОм и 10 МОм) и с помощью платы Arduino.

Arduino – микроконтроллер, основными компонентами которой являются плата ввода/вывода и среда разработки на языке Processing/Writing.

Микроконтроллер Arduino позволяет получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков. Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino (основан на языке Writing) и среды разработки Arduino (основана на среде Processing). В данной работе использовался Arduino Mega 2560 с внутренним сопротивлением 100 МОм.

С помощью микроконтроллера измерения биоэлектрических биопотенциалов проводились ежедневно с интервалом снятия сигнала раз в пять секунд. На рисунке 2 представлена зависимость биопотенциала от времени в условиях достаточной влажности почвы.

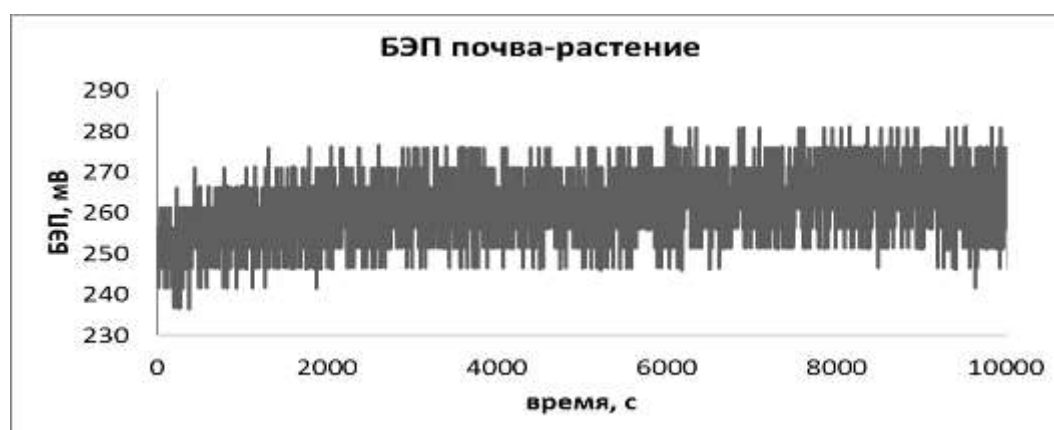


Рис. 2. Биоэлектрический потенциал растения в достаточно увлажненной почве.

После полива растения наблюдается спад потенциала, затем увеличение и выравнивание до стационарного состояния. На рисунке 3 приведен пример изменения БЭП при поливе через двенадцать дней.

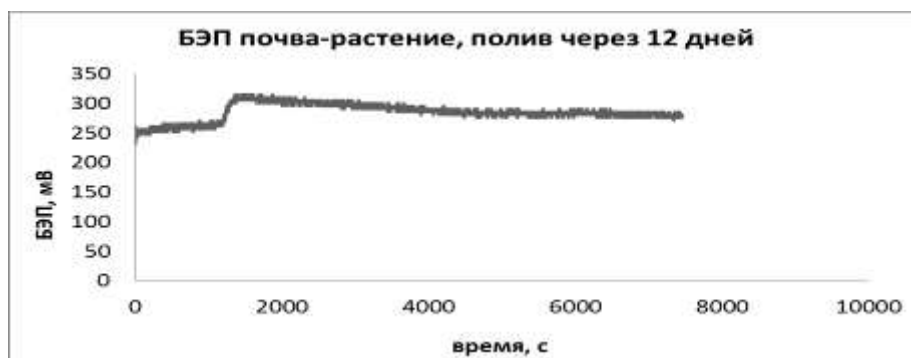


Рис. 3. Изменение биоэлектрического потенциала растения при увлажнении засухливой почвы.

На данном этапе исследований мы пришли к выводу, что биоэлектрический потенциал между почвой и растением зависит не только от жизнедеятельности растения, но и от меры засухливости почвы. При нормальных благоприятных условиях, когда растению хватает воды, биопотенциал – стабилен. При нехватке воды потенциал начинает медленно падать, после полива происходит скачок потенциала и дальнейшее его увеличение и стабилизация.

Таким образом, проведенное исследование показало перспективность разработанного метода для мониторинга увлажненности почвы, достаточной для функционирования и развития растения.

Список литературы

1. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений. Новосибирск: Наука, 1980. 176 с.
2. Fromm J., Lautner S. Electrical signals and their physiological significance in plants // Plant, Cell and Environment. 2007. Vol. 30. P. 249–257.

РАЗРАБОТКА ISFET ДАТЧИКА ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА

Ю. А. Волков, О. С. Бохов, Т. М. Зими́на

Центр микротехнологии и диагностики, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. В докладе представлены исследования по разработке сенсора на основе ионочувствительного полевого транзистора (ISFET) как компонента портативного устройства для экспресс-диагностики микроорганизмов. Рассматривается перспектива применения такой системы в микробиологическом анализе в области определения устойчивости микроорганизмов к антибиотикам.

Ключевые слова: ISFET; ионочувствительный полевой транзистор; микробиологический анализ; антибиотикорезистентность

В настоящее время весьма актуальным направлением стал поиск путей создания сенсоров и сенсорных систем для экспресс-биомедицинского анализа. Одной из важнейших задач этого направления является создание средств микробиологического экспресс-анализа (в частности, для определения чувствительности бактерий к антибиотикам), которые крайне необходимы для оперативного принятия решений по антибактериальной терапии в условиях все возрастающего уровня резистентности патогенных микроорганизмов.

Одним из возможных методов проведения такого экспресс-анализа может являться измерение мембранного потенциала бактериальной клетки, при воздействии целевых ан-

тибактериальных препаратов. На мембране жизнеспособной бактериальной клетки за счёт работы ионных насосов образуется разность потенциалов относительно окружающей среды порядка минус ста милливольт. Добавляя в среду то или иное лекарственное вещество можно судить о его воздействии на бактерии по изменению мембранного потенциала.

Перспективным полупроводниковым прибором, выполняющим функцию датчика мембранного потенциала бактериальной клетки, может служить ионочувствительный полевой транзистор (ISFET), в котором роль затвора выполняют находящиеся в физиологическом растворе и контактирующие с поверхностью кремниевого кристалла транзистора бактериальные клетки. При этом проводимость канала ISFET будет модулироваться величиной мембранного потенциала бактериальных клеток (Рис. 1).

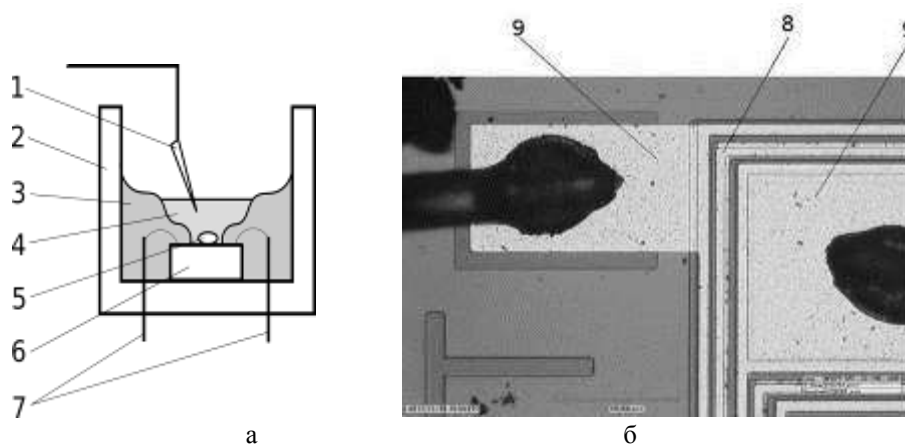


Рис. 1. Сенсор на основе ISFET. (а)схематическое изображение; (б)микрофотография транзистора КП301. 1 – электрод сравнения; 2 – корпус датчика; 3 – изолятор, предотвращающий взаимодействие раствора со стоком и истоком; 4 – физиологический раствор, содержащий исследуемые микроорганизмы; 5 – исследуемый микроорганизм (бактериальная клетка); 6 – кристалл транзистора; 7 – электроды стока и истока; 8 – область затвора на кристалле транзистора; 9 – стока и истока.

Представлены результаты работы по изготовлению ISFET на основе полевых транзисторов. Проведено сравнение параметров ряда отечественных транзисторов и выбрана модель, характеристики которой соответствуют задачам измерения клеточного потенциала. Проведено декорпусирование выборки транзисторов и исследована их топология, с точки зрения перспективности использования в качестве модели ISFET. Модели изготавливали путём стравливания металлизации затвора, чтобы его роль могли выполнять бактериальные клетки. Маска для травления изготавливалась засвечиванием позитивного фоторезиста фиолетовым лазером. Ведётся работа над использованием маски, наносимой путём печати органическими чернилами, как более простым и качественным методом. Разработана измерительная установка для управления работой датчика и записи полученной информации на основе устройства сбора данных National Instruments под управлением персонального компьютера.

Данный метод проведения анализа представляется достаточно перспективным для применения в составе портативных устройства для экспресс-диагностики микроорганизмов. Использование отечественной элементной базы определяет актуальность и важность данной работы с точки зрения развития импортозамещающих технологий.

Список литературы

1. Kitagawa, Y., Karube, I. Microbial-fet alcohol sensor (1987) Analytical Letters, 20 (1), pp. 81-96.

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Э.А. ДАМИНОВА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе рассмотрена концепция построения системы удаленного мониторинга состояния плода на основе электроимпедансной томографии. Определены и сформулированы актуальные проблемы в области систем удаленного мониторинга состояний человека. Предложены способы решения возникших задач с целью достижения поставленной цели разработки системы.

Ключевые слова: электроимпеданс, электроимпедансная томография, плод, оценка состояния, удаленный мониторинг, структурная схема, электродная система, телемедицина

Обеспечение благоприятного протекания беременности – было и остается одним из самых актуальных вопросов современного здравоохранения не только в Российской Федерации, но и во всем мире. Положительным результатом решения этого вопроса является снижение показателей младенческой и материнской смертности. Одним из путей достижения та-кого результата является внедрение современных методов и методик мониторинга протекания беременности с использованием медицинских приборов, а именно контроля состояния плода – контроль за его положением и перемещениями в утробе матери.

Сегодня рынок медицинской техники предлагает достаточно широкий выбор оборудования для оценки и прогнозирования рисков в условиях лечебно-профилактических учреждений, в т.ч. аппаратно-программные комплексы ультразвуковой диагностики, фетальные мониторы регистрации кардиотокографии плода и т.д. Ввиду недостаточного оснащения лечебно-профилактических учреждений в регионах есть высокая потребность в медицинских системах удаленного мониторинга для высокоточной диагностики в домашних условиях, без присутствия врача.

Цель проводимого исследования – разработка системы удаленного мониторинга положения плода на основе метода электроимпедансной томографии для дальнейшей информационной поддержки и медицинского сопровождения беременной женщины.

Естественное протекание родов во многом зависит от того, какое положение плод занимает в матке. Положение плода есть критерий прогнозирования протекания будущих родов. При правильном расположении ребенка, практически исключен риск получения травм и разрывов, а само прохождение плода по родовому каналу проходит быстро и легко. Но иногда врачи вынуждены хирургическим путем извлекать ребенка, чтобы сохранить его здоровым и избежать травм. Зачастую, кесарево сечение назначается после установления диагноза «неправильное предлежание плода», при котором его положение и позиция могут спровоцировать осложнения. Выявление тазового предлежания плода на ранних стадиях позволяет избежать серьезных осложнений путем назначения физических упражнений беременной.

В основе построения системы используется архитектура многоуровневой системы удаленного мониторинга состояния здоровья [1-3]. Использование такой архитектуры позволяет распределить задачи съема, регистрации и обработки сигналов с объекта исследования, оценки диагностически значимых показателей, оценки текущего состояния здоровья объекта исследования, мониторинга и контроля состояния, формирования сигнала тревоги при патологиях развития, информационной поддержки и медицинского сопровождения беременной женщины по пространственно распределенным элементам системы, расположенным на уровне пациента, сервера медицинского учреждения и врача, обеспе-

чить автономность работы системы при ограниченных во времени сбоях в работе каналах передачи сигналов (рис.1).

Разрабатываемая система состоит из следующих функциональных элементов: устройство съема и регистрации сигналов с пациентки; компьютер пациентки, в качестве которого может использоваться современный планшет или смартфон; сервер медицинского учреждения; персональный компьютер врача.

Устройство съема и регистрации сигналов (УСиРС) состоит из электродной системы (ЭС), коммутатора электродов (КЭ), генератора переменного тока (ГТ), микроконтроллера (МК), используемого для переключения каналов коммутатора по заданному алгоритму, измерения токов между электродами, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), контроллера Bluetooth (КС) для передачи результатов измерения напряжений между электродами на компьютер пациентки.

Компьютер пациентки (КП) осуществляет формирование двумерных массивов данных (сканов), реконструкцию изображения из совокупности сканов, обработку изображения с целью определения положения плода, сравнение характеристик положения плода с результатами предыдущих исследований и допустимыми показателями для конкретного срока беременности.



Рис. 1. Обобщенная структура системы удаленного мониторинга состояний плода на основе метода электроимпедансной томографии

Персональный компьютер с предустановленным программный пакетом реконструирует полученные сигналы в изображения – срезы электроимпедансного сканирования. Набор таких срезов представляет собой целостную картину, визуализирующую текущее положение плода в утробе матери. Следует обратить внимание важность обеспечения компьютера пациентки вычислительными ресурсами, необходимыми для решения задачи реконструкции изображения.

Поскольку система обеспечивает не просто диагностическую процедуру – определение положения плода, а именно удаленный мониторинг положений плода, необходимо обеспечить передачу, хранение диагностически значимой информации, т.е. непосредственно образов, на сервер (С) лечебно-профилактического учреждения с возможностью доступа к базе данных пациентки лечащим врачом через компьютер врача (КВ). На сервере должна использоваться система поддержки принятия решений врача, которая будет информировать о критических состояниях беременной женщины с последующей информационной поддержкой и медицинским сопровождением.

Персональный компьютер пациентки реконструирует изображение на основе измеренных проводимостей. По полученным изображениям определяется положение плода, происходит оценивание диагностически значимых показателей ориентации плода, анализируется их связь с показателями развития плода с целью прогнозирования «неправильного» предлежания плода.

Устройство съема и регистрации сигналов представляет собой обруч из эластичного диэлектрического материала с диаметром от 25 до 40 см. с держателем. Электроды полусферической формы равномерно распределены по обручу, а электронный блок с контроллером беспроводной связи располагается в держателе. С помощью держателя пациентка накладывает обруч на поверхность живота и, слегка надавливая на обруч, обеспечивает хороший контакт электродов с поверхностью тела. Для построения импедансного изображения необходимо иметь большое количество независимых измерений напряжения, возникающего в результате прохождения переменного тока небольшой величины через беременную женщину (БЖ). В электродной системе два электрода используются в качестве зондирующих, через них пропускают ток синусоидальной формы, формируемый генератором тока ГТ, остальные электроды – для измерения напряжения. В процессе электроимпедансного исследования в качестве зондирующих последовательно используются различные пары электродов. При прохождении тока через БЖ внутри зоны обруча зондирующий ток вызывает пространственное распределение потенциала. С помощью измерительных электродов измеряется разность потенциалов (напряжения) между определенными точками зоны исследования. Дифференциальное напряжение между парой электродов подается на усилитель и далее через демодулятор на АЦП. В результате получается одно измерение. Измерение разности потенциалов между всеми парами электродов при фиксированном положении источника зондирующего тока образует проекцию. Затем вход усилителя переключается к другой паре электродов, измерение повторяется, после завершения цикла измерений источник подсоединяется к другой паре электродов и измерение повторяется, пока не будут перебраны все возможные комбинации токовых электродов.

Персональный компьютер пациентки реконструирует изображение на основе измеренных проводимостей. По полученным изображениям определяется положение плода, происходит оценивание диагностически значимых показателей ориентации плода, анализируется их связь с показателями развития плода с целью прогнозирования «неправильного» предлежания плода.

Система удаленного мониторинга положения плода на основе электроимпедансной томографии позволяет решить задачу ведения беременности в удаленных регионах в целях снижения рисков беременности, предоставляет пациентке возможность самостоятельного проведения электроимпедансных исследований и удаленной диагностики лечащим врачом, не оказывает негативного воздействия на здоровье матери и ребенка из-за низкого уровня зондирующего тока.

Функциональные элементы системы мониторинга позволят проводить неинвазивную оценку положения и предлежания плода в домашних условиях, обеспечивает реализацию процессов съема, регистрации, обработки сигналов, реконструкции томографического изображения, оценки показателей положения и предлежания плода, формирование базы данных, оценивать изменение положения и предлежания плода в динамике, оценивать эффективность назначенной пациентке физической гимнастики.

Система позволяет обеспечить формирование информационного и медицинского сопровождения пациентки при выявленных критических положениях плода, снизить риски обострения беременности.

Список литературы

1. Юлдашев З.М., Анисимов А.А. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей. Медицинская техника. 2017. № 1 (301). С. 45-48.
2. Юлдашев З.М., Пустозеров Е.А., Анисимов А.А. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера.- 2016.-№5. С. 2-8.
3. Tr. T. Nguyen, Z. M. Yuldashev, and E. V. Sadykova A Remote Cardiac Rhythm Monitoring System for Detecting Episodes of Atrial Fibrillation. . Biomedical Engineering, Vol. 51, No. 3, September, 2017, pp. 189-194.

РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЁННОСТИ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е.Г. ЕВДАКОВА, Р.В. ЯШКАРДИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе приводится описание математической модели электромагнитных процессов, протекающих в импульсных магнитотерапевтических системах, и её численной реализации. Приведены результаты численных расчетов пространственного распределения параметров электромагнитного поля. Расчёты проводились для токового контура с учётом параметров источника питания, подключенного к нему. Показана необходимость учитывать изменение во времени параметров источника питания и параметров токового контура при проектировании магнитотерапевтических систем.

Ключевые слова: магнитотерапия, электромагнитное поле, ферромагнитный концентратор, картина распределения напряжённости магнитного поля.

Влияние электромагнитного поля на организм человека было выявлено в конце 18-го века. Методика лечения человека путем воздействия на него импульсами электромагнитного поля получила название магнитотерапии [1]. Наиболее эффективным способом лечения является высокоинтенсивная магнитотерапия, при которой напряжённость магнитного поля на поверхности тела достигает уровня 0.2-0.3 Тл. Очевидно, что для получения подобных напряжённостей поля требуется создания специальных источников питания и их согласование с активным элементом магнитотерапевтического прибора – токовым контуром (индуктором).

Процессы, протекающие в теле пациента при воздействии импульсного электромагнитного поля можно описать следующим образом. Специальный источник питания используется для подачи импульсного тока в индуктор. Этот ток создаёт в окружающем пространстве магнитное поле. Изменение индукции магнитного поля приводит к появлению напряженности электрического поля. Напряжённость электрического поля в проводящей среде приводит к протеканию тока в теле человека. По современным представлениям именно воздействие импульсных, протекающих через ткани человеческого тела, токов и оказывает основной терапевтический эффект [2]. Для повышения эффективности воздействия необходимо увеличить напряженность электрического поля. Этого можно добиться либо увеличением уровня напряженности магнитного поля, либо увеличением скорости её изменения во времени. Для повышения уровня напряжённости магнитного поля можно увеличить суммарный ток, протекающий по индуктору, или использовать ферромагнитные концентраторы магнитного поля. Для увеличения скорости изменения

напряжённости поля во времени, необходимо уменьшить длительность импульса тока (типовая длительность импульсов сегодня составляет 100-200мкс [3,4]). Подобное увеличение напряжённости магнитного поля возможно только при проектировании специального источника питания, параметры которого полностью согласованы с параметрами индуктора.

Сложность происходящих в системе процессов приводит к тому, что аналитически определить, как будет изменяться во времени напряжённость магнитного поля и интегральные параметры индуктора невозможно. Поэтому в данной работе расчёт требуемых параметров проводился путём численных экспериментов на разработанной математической модели.

В общем случае, индуктор может представлять собой как отдельный провод, так несколько проводов, при чём эти провода могут быть расположены сложным образом в пространстве. В многожильном проводнике магнитное поле создаётся токами, которые протекают по каждому из проводников. При этом суммарное магнитное поле будет практически аналогично тому, которое бы создавалось одним проводником с током равным сумме токов отдельных проводников. Поэтому в приведённых ниже расчетах индуктор представлял собой прямоугольную рамку (10х40см) из одножильного медного проводника, сечением 10мм.

В случае, если в системе используется концентратор магнитного поля необходимо учитывать нелинейную зависимость индукции магнитного поля от напряженности. Поскольку в магнитотерапевтических системах используются импульсы длительностью 100-200мкс. То при расчёте подобных систем возможно не учитывать протекающие в них волновые процессы.

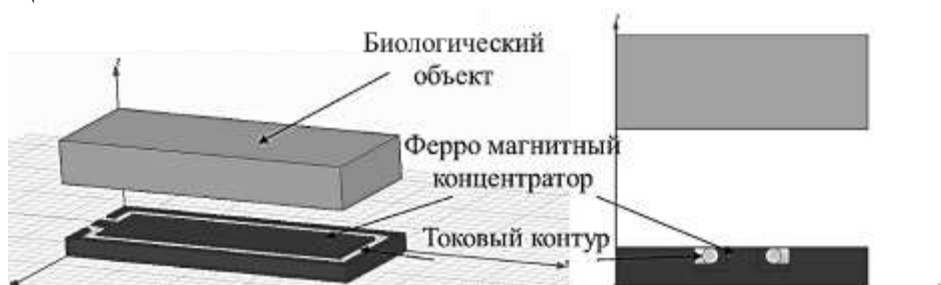


Рис. 1. Токовый контур с ферромагнитным концентратором и его поперечное сечение

Принимая во внимание принятые допущения, процессы, протекающие в моделируемой системе, описываются уравнениями Максвелла в следующем виде.

$$\begin{aligned} \text{rot}_x \vec{H} &= a \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) = a J_x & \text{rot}_x \vec{E} &= a \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) = -a \frac{\partial B_x}{\partial t} \\ \text{rot}_y \vec{H} &= b \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) = b J_y & \text{rot}_y \vec{E} &= b \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) = -b \frac{\partial B_y}{\partial t} \\ \text{rot}_z \vec{H} &= c \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) = c J_z & \text{rot}_z \vec{E} &= c \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) = -c \frac{\partial B_z}{\partial t} \end{aligned}$$

Здесь $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ - орты x, y, z – индексы, которые показывают, что рассматриваемая величина есть проекция вектора на соответствующую ось.

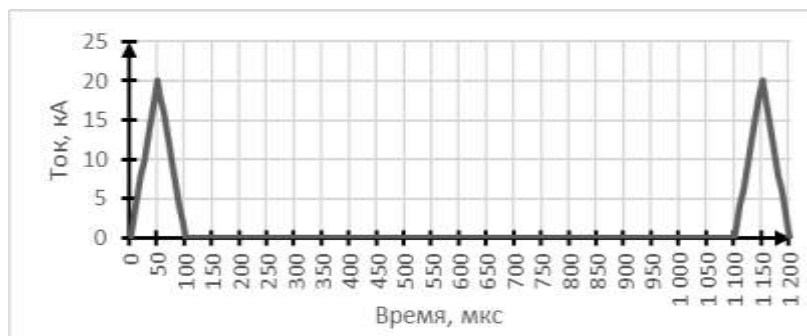


Рис. 2. Импульсный ток протекающей через контур

На границах моделируемой области напряженность электрического и магнитного поля равные нулю. На одной из границ описывается подключение к индуктору импульсного источника питания (рис. 2).

Адекватность разработанной математической модели была проверена путем сравнения результатов численного расчета и физического эксперимента. Физические эксперименты проводились с помощью индуктора, представляющий собой медную рамку заданных геометрических размеров. Сравнение результатов приведено на рис.3.

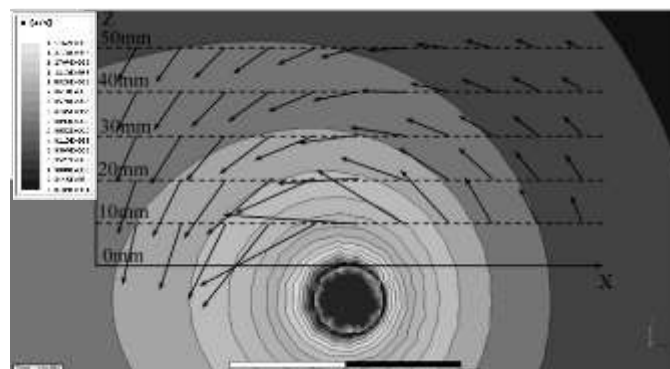


Рис. 3. Сравнение физического эксперимента и численного расчета

Векторами отображены данные полученные при физическом эксперименте. Результаты сравнения свидетельствуют, что на расстоянии более 1 см от индуктора отличие модуля напряжённости МП не превышает 5%. Вблизи индуктора из-за погрешностей с разбие-нием отличия достигают 15%, однако эту область в реальных устройствах занимают изоляционные материалы. Т.о. экспериментальные и численные результаты в области, кото-рая нас интересует практически полностью повторяют друг друга. Что позволяет судить об адекватности предложенного математического описания и его численной реализации.

На основе разработанной модели были проведены исследования распределения напряженности магнитного поля для системы с ферромагнитным концентратором (рис. 4б) и без него (рис. 4а)

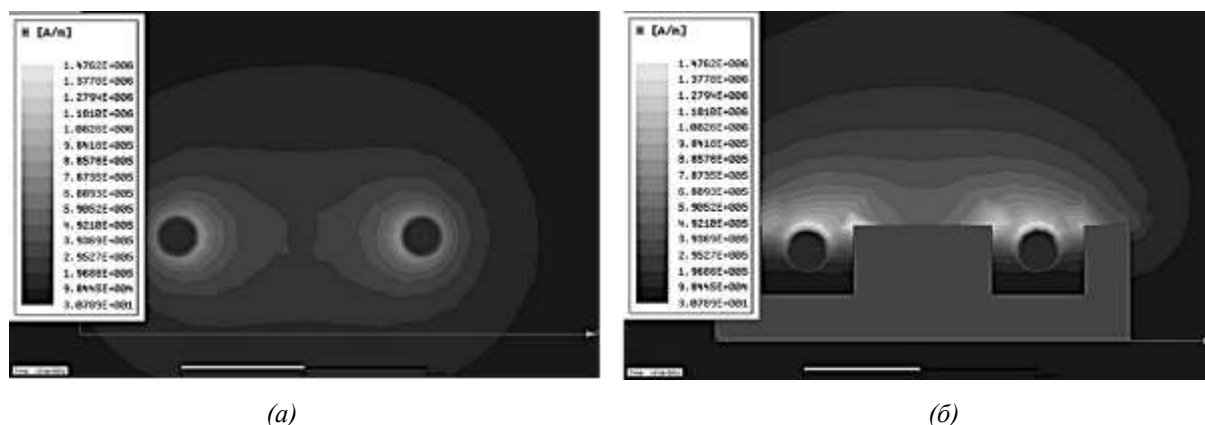


Рис. 4. Напряженность электрического поля.

Расчёт напряжённости магнитного поля проводился для тока – 20кА. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что использование концентратора магнитного поля позволяет увеличить напряжённость магнитного поля в интересующей области почти в 2 раза (рис. 5).

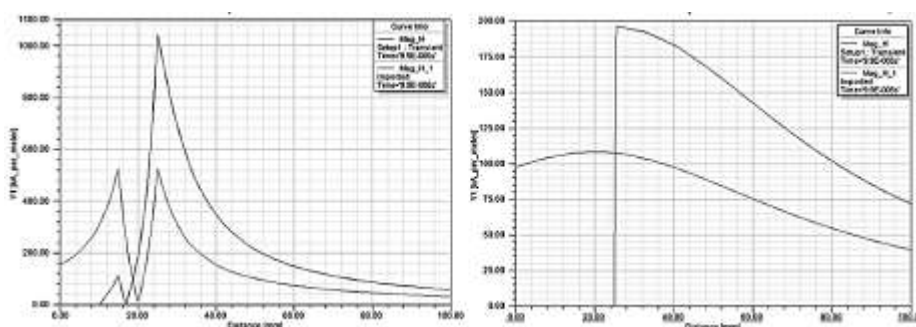


Рис. 5. График напряженности электрического поля в зависимости от расстояния.

Одной из самых больших проблем при проектировании оборудования для импульсной магнитотерапии – это согласование параметров источника питания и индуктора.

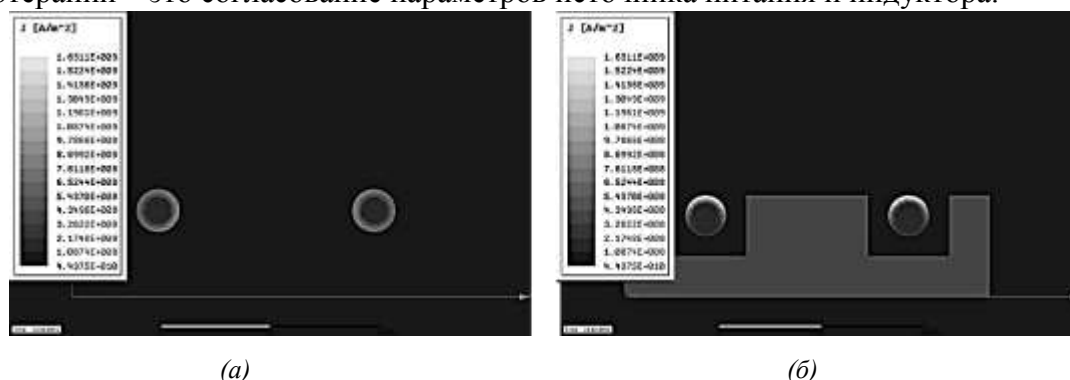


Рис. 6. Распределение плотности тока в поперечном сечении индуктора.

Для решения этой проблемы необходимо точно знать сопротивление и индуктивность индуктора. Это – сложнейшая задача, т.к. ток в сечении проводника занимает лишь часть его сечения (рис. 6а). В результате сопротивление индуктора за время протекания импульса изменяется в несколько раз. Наличие вблизи токового контура ферро-магнитного концентратора оказывает значительное влияние на распределение плотности тока в проводнике (рис. 6б) и на его индуктивность.

Выводы:

Создана математическая модель, описывающая распределения импульсных напряжённости электрического и магнитного полей в системе индуктор – обрабатываемые ткани. Путём сравнения результатов аналитического решения и численного моделирования продемонстрирована адекватность созданной модели. Показано, что в сопротивление и индуктивность индуктора сложным образом изменяется во времени и зависят от пространственного расположения индуктора и параметров используемого концентратора. Показано, что задачу определения параметров системы оборудования для магнитной терапии необходимо решать комплексно с учётом изменяющихся во времени параметров индуктора и реально достижимых параметров источника питания.

Список литературы

1. Беркутова А.М., Жулев В.И., Кураев Г.А., Прошина Е.М. Системы комплексной электромагнитотерапии. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000.
2. Беркутова А.М. Общее магнитное воздействие и его применение в лечебных и восстановительных целях. Рязань: Радиотехническая акад., 1996.
3. Ушаков А.А. Руководство по практической физиотерапии. М.: ТОО «АНМИ», 1996.
4. Темурьянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев, Наукова Думка., 1992.

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЭМАЛИ ЗУБА

А.И. ЕРИСКОВСКАЯ, А.Е. ГЕРАСИМЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе предложена методика обработки результатов сканирования эмали зуба. Предложен критерий оценки неоднородности исследуемой поверхности. Проведенные исследования, показали, что для получения достоверных результатов о сканированной поверхности необходимо обрабатывать области размером не менее 50 мкм, при этом полученные в области 50 на 50 мкм результаты можно распространить на участки эмали размерами 2 на 2 мм.

Ключевые слова: атомно-силовой микроскоп, эмаль зуба, неоднородность поверхности.

Микроорганизмы, вызывающие наиболее распространенные воспалительные заболевания пародонта, должны иметь возможность находиться в полости рта продолжительное время. Одним из возможных мест, в которых возможна адгезия микроорганизма - поверхность твердых тканей зубов [1]. Именно поэтому так важно проведение исследования эмали зубов на микроуровне. В настоящее время появилось достаточно большое число работ [2,3,4], посвящённых исследованию эмали зубов с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ). Однако практически все эти работы ограничиваются качественной и весьма субъективной оценкой полученных результатов сканирования. Разработке методики обработки полученных АСМ изображений поверхности и разработке критерия оценки величины неоднородности поверхности эмали зуба посвящена данная работа.

В процессе работы исследовалась выбранный произвольным образом участок щечной поверхности эмали зуба. Сканирование не должно было привести к искажению поверхности, поэтому мы использовали полуконтактный режим. При сканировании использовались зондовые датчики с кантилевером NSC 15 с резонансной частотой 325 кГц.

Область сканирования последовательно уменьшалась от 100x100 мкм, 50x50 мкм до 25x25 мкм, 10x10 мкм, 5x5 мкм. Оператор, основываясь на результатах предыдущих опытов, сам принимал решение по выбору участка поверхности для дальнейших исследований. Сканирование каждого участка проводилось при разрешении не менее 1000 точек по каждому из направлений сканирования, частота, с которой перемещается датчик по выбранному направлению сканирования, составляла 1 Гц. Количество точек и частота сканирования оставались постоянными в течение всего исследования.

В качестве примера на рис.1 приведены результаты сканирования поверхности эмали одного и того же моляра в двух областях, находящихся на расстоянии 3 мм друг от друга. На исследованных поверхностях присутствуют разного рода неоднородности. При этом их количество и размеры тоже различны. Очевидно, что об отличии этих поверхностей судить очень сложно. Для того чтобы можно было действительно оценить неоднородность поверхности разных типов зубов в разных их областях, необходимо предложить критерий, который позволит внести элемент объективности в оценку неоднородности исследованных поверхностей, подтвердить адекватность предложенного критерия и определить разрешение, при котором критериальная оценка отражает реальное состояние поверхности.

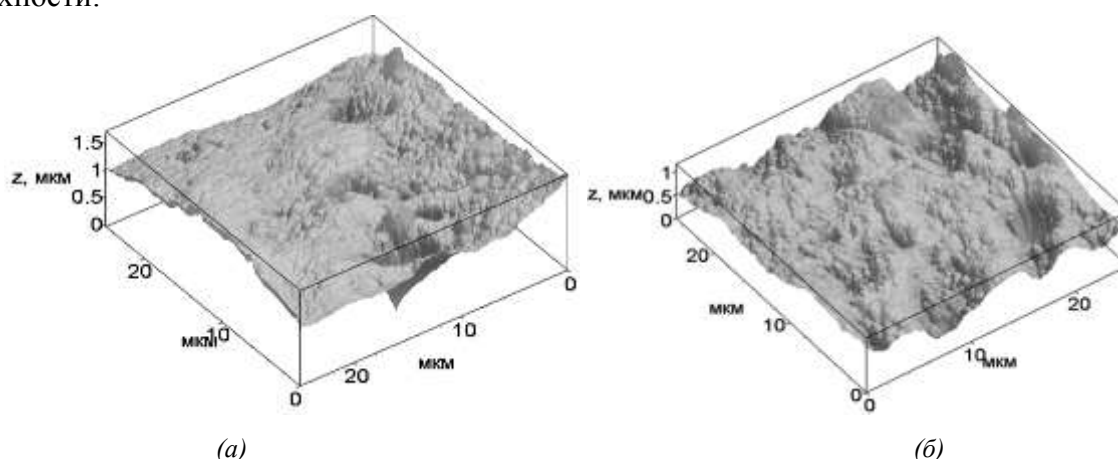


Рис.1. Результаты сканирования эмали моляра, выполненные на расстоянии 5(а) и 2(б) мм от жевательной поверхности зуба

Известно, что результаты АСМ сканирования по высоте (рис.1) представляются в виде точек, каждой из которых соответствует определённое расстояние от нулевой плоскости. Относительное число точек, которые расположены на некоторой высоте от определённого уровня и представляет собой функцию распределения высот $p(x)$. Функцию распределения высот и её аппроксимацию функцией Лоренца позволяет вычислить программа Gwyddion. Для оценки неоднородности поверхности нами был введен критерий отклонения точек сканирования от среднего положения - Δx . В области, ограниченной Δx , оказывается 50% точек сканирования по высоте. Результаты математической обработки результатов АСМ сканирования эмали моляра при разрешении 50 на 50 мкм, аппроксимация полученной кривой и критериальная для данного случая оценка приведены на рис.2.

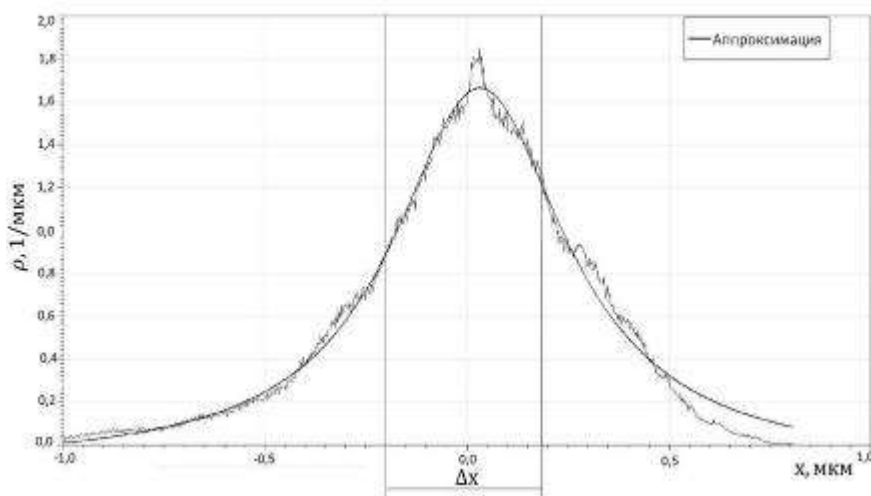


Рис.2. Функция распределения высот и её аппроксимация

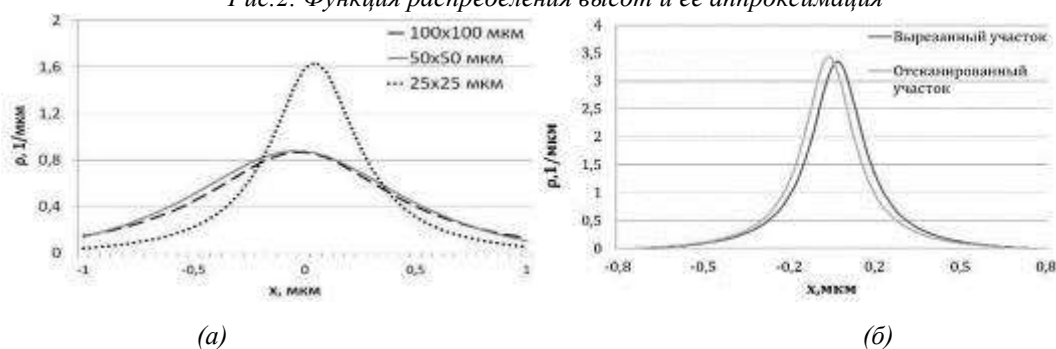


Рис.3. Аппроксимация функции распределения высот для случаев 100х100 мкм, 50х50 мкм, 25х25 мкм (а) участок 25х25 мкм, отсканированный и вырезанный из сканированной области 50х50 мкм (б)

Очевидно, что при уменьшении размеров исследуемой области возрастает точность исследований. Однако при этом также увеличивается вероятность того, что результаты, полученные для выбранной малой области, будут существенно отличаться от того, что можно было бы получить для области, расположенной рядом (субъективный фактор, связанный с произволом в выборе области сканирования по её предварительным результатам). Для определения максимальных размеров области сканирования, с использованием которой можно получить достоверные данные о неоднородности поверхности, в ходе работы были получены графики аппроксимации одного и того же участка поверхности (рис.3). Участок получен разными способами: АСМ исследованием по высоте участков размером 100х100 мкм, 50х50 мкм, 25х25 мкм либо путём вырезания из результатов сканирования 50х50 мкм участка, совпадающего со сканированным размером, 25х25 мкм.

Очевидно, что результаты обработки для участков 100х100 мкм и 50х50 мкм практически совпадают и существенно отличаются от случая 25х25 мкм. Результаты, полученные сканированием области 25х25 мкм, и вырезанием её из предварительно исследованной области 50х50 мкм практически полностью совпадают. Всё это свидетельствует о том, что для получения достоверных результатов о сканированной поверхности необходимо обрабатывать области с размером не менее 50х50 мкм при разрешении не менее 1000 точек по каждому направлению

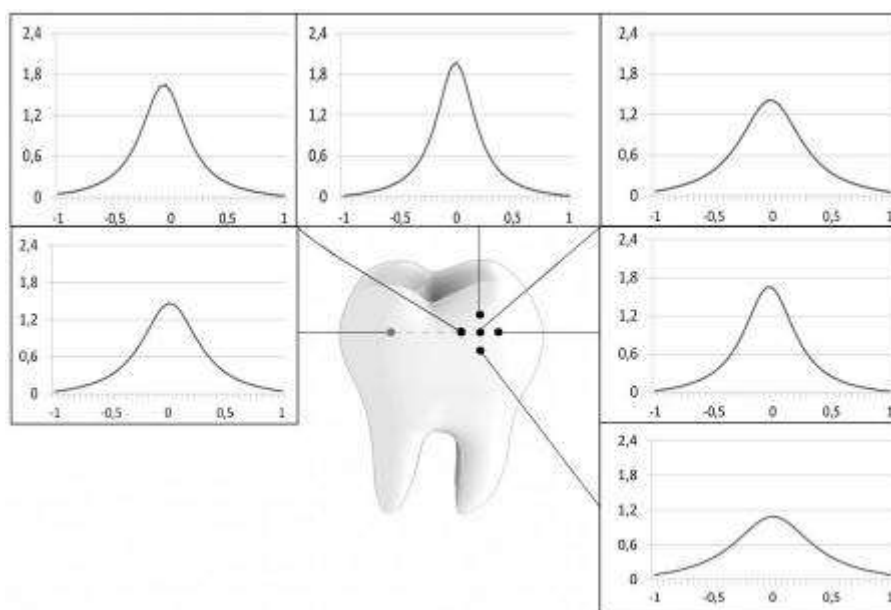


Рис.4. Участки АСМ исследований и аппроксимации функции распределения высот для соответствующих участков.

В случае АСМ сканирования объектов биологического происхождения возможны существенные различия при произвольном выборе относительно небольших участков (50 мкм) исследуемой поверхности (1-3 мм). Поэтому дополнительной задачей было подтвердить адекватность критерия для относительно большой области исследований. Для этого в областях 2 на 2 мм эмали моляра произвольным образом были выбраны 5 участков 50х50 мкм. Шестой участок выбирался на некотором расстоянии от них, но на таком же уровне от жевательной поверхности. Выбранные участки обозначены точками на рис. 4. Сканирование на всех этих участках проводилось одним и тем же кантилевером в одинаковых режимах работы сканирующего зондового микроскопа Curtus Light. На этом же рисунке приведены результаты аппроксимации функции распределения высот для соответствующих участков. Параметр Δx для исследованных поверхностей составляет 0,35 мкм. При этом для одинакового расстояния от жевательной поверхности параметр Δx оказался практически одинаков (0,35 мкм и 0,38 мкм). Полученные результаты свидетельствуют о возможности распространения результатов обработки АСМ сканирования на относительно большие исследуемые области.

Список литературы

1. Московский С.Н., Коршунов А.С., Шестель И.Л., Конев В.П., Хамов М.А., Марковский С.О. Использование атомно-силовой микроскопии в изучении плотных тканей орофациальной области – Казанский медицинский журнал. 2012. – том 93, №6, с. 887-891.
2. Красавин В. Н., Кунин Д. А., Шумилов Б. Р. Современные представления об ультраструктуре эмали. проблема краевого прилегания композитов – Dental magazine – Электрон. текстовые данные. Краснодар, 2013. Режим доступа: <https://dentalmagazine.ru/science/sovremennye-predsta...>
3. Шумилов Б.Р., Кунин Д.А., Красавин В.Н. Новые аспекты изучения ультраструктуры эмали и решения проблемы краевого прилегания композитов – Вестник новых медицинских технологий. 2013 – т. 20, №2, с. 330.
4. Антонова И.Н., Гончаров В.Д., Кипчук А.В., Боброва Е.А. Опыт исследования твердых тканей зуба с помощью атомно-силовой микроскопии. Стоматология. 2014. – том 93, №4, с. 11-14.

СИНТЕЗ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ С АЛЬБУМИНОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Д. В. КОРОЛЕВ¹, В. Н. ЗОРИН², К. Г. ГАРЕЕВ², В. Н. ПОСТНОВ^{1,3}, Е. Б. НАУМЫШЕВА^{1,3}

¹Национальный Медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

³Санкт-Петербургский Государственный Университет

Аннотация. В работе изучена адсорбция альбумина на поверхности магнитных наночастиц (МНЧ). Рассмотрена физическая адсорбция, хемосорбция аминированными частицами и сшивка глутаровым альдегидом. Показано, что оболочка при любом способе нанесения не деградирует в течении 6 часов в буфере Кребса-Хенселейта, близкого по солевому составу к крови. Изучена динамика физической адсорбции альбумина. Изотерма адсорбции близка к Ленгмюровской.

Ключевые слова: магнитные наночастицы, альбумин, адсорбция.

Синтез МНЧ проводили следующим образом [1]. К раствору, содержащему смесь сульфатов железа (II), железа (III) в мольном соотношении 2:1 и объемом 700 мл, при постоянном перемешивании со скоростью 4 мл/мин. добавляли смесь 25% раствора гидроксида аммония и 1% раствора ацетата аммония. Таким образом, отношение железа и ацетата аммония составляло 2:1:0.1. Синтез проводили до фиксации насыщенно черной окраски и установления значения pH = 8-9. На следующий день, полученный коллоидный продукт отделяли центрифугированием и промывали 4 раза дистиллированной водой. Для подготовки сухой пробы полученные МНЧ отфильтровывались и подвергались лиофильной сушке при температуре -50 °C и давлении 3 Па в течении 48 часов.

Аминирование поверхности МНЧ осуществляли по следующей методике. В круглодонную колбу объемом 50 мл помещали 2 грамма сухих МНЧ и 25 мл 5% раствора 3-аминопропилтриэтоксисилана в предварительно осушенном бензоле. Реакционную смесь кипятили в течение двух часов при температуре 80 °C с обратным холодильником, используя термостатированную ячейку, соединенную с жидкостным термостатом LT-105a (LOIP, Россия). Избыток реагента удаляли многократной промывкой сухим хлороформом, используя магнитную сепарацию. На заключительной стадии промывки использовался этиловый спирт. Во время модифицирования и промывки осуществляли интенсивное перемешивание реакционной смеси с помощью магнитной мешалки.

Физическую сорбцию и хемосорбцию альбумина проводили в 15 мл. пробирках в течении 2 часов на перемешивающем устройстве LS-220 (Loip, РФ) при скорости перемешивания 300 1/мин. Наночастицы со сшитой глутаральдегидным методом оболочкой троекратно промывались хлороформом, этанолом и водой.

Микрофотографии образцов получали при помощи растрового электронного микроскопа (SEM) с автоэмиссионным катодом JEM-1400 STEM (JEOL, Japan). На рисунке 1 приведена микрофотография наночастиц магнетита. Они представляют собой частицы близкие по форме к шарообразным, размером около 10 нм. Рисунок 2 показывает, что аминированные МНЧ не образуют агломератов ввиду защищенности поверхности. Рисунок 3 иллюстрирует образование отдельных глобул размером 150-200 нм. По-видимому, это результат сшивки. Оболочку адсорбированного и хемосорбированного альбумина отчетливо различить не удалось.

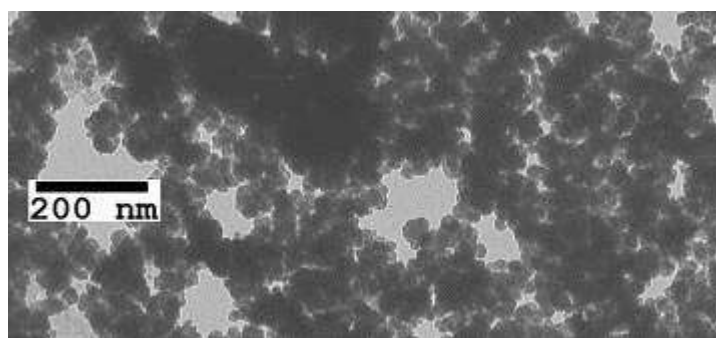


Рисунок 1. Исходные МНЧ

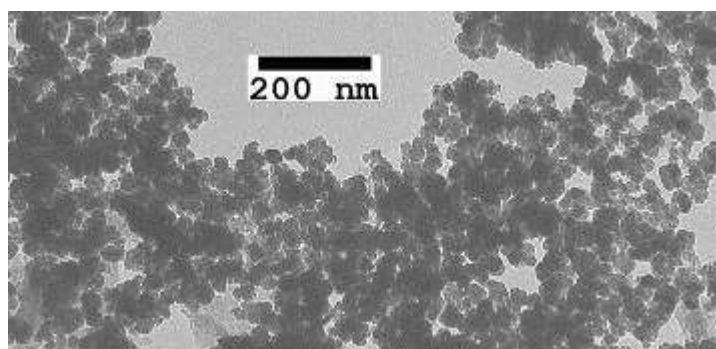


Рисунок 2. Аминированные МНЧ (защищенные оболочкой)

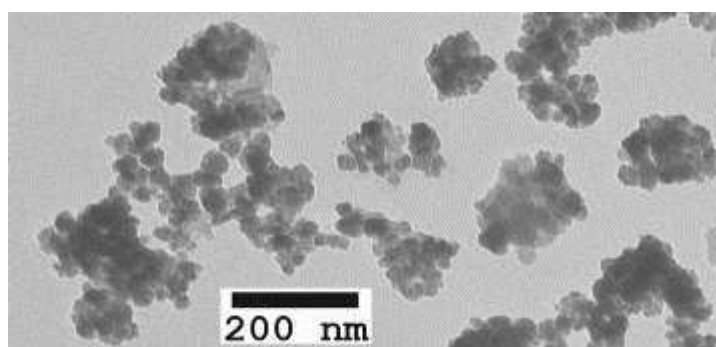


Рисунок 3. МНЧ покрытые альбумином, сшитым глутаральдегидным методом

Количество альбумина при изучении деградации оболочки и изучении изотермы адсорбции определялось из следующих соображений. Сывороточный альбумин, являясь слабой кислотой, связывается с красителем бромкрезоловым зелёным с образованием комплекса серо-голубого цвета. Увеличение поглощения прямо пропорционально концентрации альбумина. Фотометрическое измерение основано на наличии пика поглощения с максимумом при длине волны 585 нм молекулами окрашенного комплекса. Таким образом, увеличение оптической плотности реакционной смеси прямо пропорционально содержанию альбумина в анализируемом образце. Измерения проводились на спектрофотометре 2802s (Unico, США). Исследование калибровочной зависимости показало живучесть раствора красителя бромкрезолового зеленого в цитратном буфере в течении 1 часа.

Проведено исследование деградации альбуминовой оболочки в буфере Кребса-Хенслейта [2], имитирующего солевой состав крови. Проводили исследование оболочек полученных физической адсорбцией, хемосорбцией и сшивкой глутаральдегидным методом. Образцы отмывали от избытка действующего вещества и высушивали при

температуре 50-60 °С. Брали навеску 50 мг абразца в конической 15 мл. пробирке и заливали 2 мл раствора буфера Кребса-Хенслеита. Высвобождение действующего вещества проводили на перемешивающем устройстве LS-220 при скорости перемешивания 200 1/мин. Через определенные интервалы времени (30 минут) растворы центрифугировали и анализировали на содержание альбумина по изложенной выше методике. Эксперимент продолжался в течении 6 часов. Однако по полученным данным не удалось констатировать факт высвобождения альбумина. Что говорит о хорошей стабильности оболочек всех трех типов.

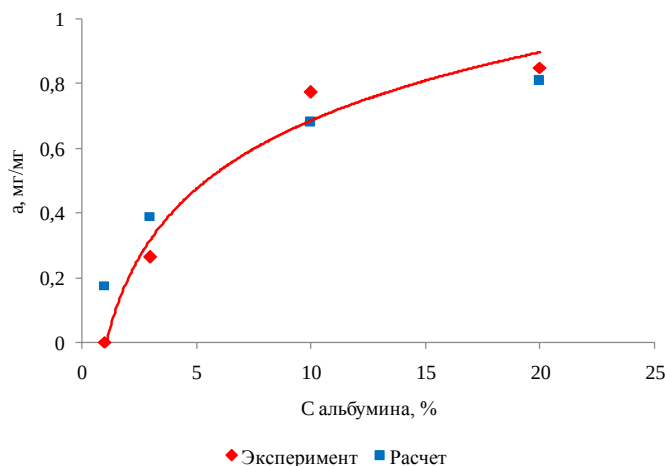


Рисунок 4. Изотерма адсорбции альбумина на поверхности МНЧ

Изотерма адсорбции альбумина на поверхности МНЧ изучалась при концентрации сывороточного альбумина в водном растворе 20, 10, 5 и 1%.

Сначала проводили сорбцию альбумина, для чего навеску МНЧ весом 50 мг помещали в коническую полипропиленовую пробирку, емкостью 15 мл. и заливали 1 мл. раствора альбумина определенной концентрации. Проводили сорбцию в течении 2 часов на шейкере LS-220. Затем образцы центрифугировали в течении 5 минут при скорости 3000 1/мин и анализировали надосадочную жидкость на содержание альбумина указанным методом. Коэффициент разбавления составлял 20 крат. Для увеличения точности измерений сначала проводили измерение концентрации альбумина в исходных растворах.

Полученная изотерма адсорбции показана на рисунке 4.

Для проверки изотермы адсорбции на соответствие модели Ленгмюра экспериментальные данные аппроксимировались уравнением вида

$$\Theta = K \cdot C / (1 + K \cdot C),$$

где Θ степень заполнения поверхности, K – константа равновесия, C – концентрация адсорбируемого вещества.

Как видно из рисунка 4 экспериментальные данные описываются моделью Ленгмюра.

Список литературы

1. In vitro toxicity of FemOn, FemOn-SiO₂ composite, and SiO₂-FemOn core-shell magnetic nanoparticles / Yana G Toropova, Alexey S Golovkin, Anna B Malashicheva, Andrey N Gorshkov, Kamil G Gareev, Michael V Afonin, Dmitriy V. Korolev, Michael M Galagudza // International Journal of Nanomedicine, 2017:12 593–603.
2. Krebs H A, Henseleit K. Studies on urea formation in the animal organism // Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem., 1932, 210. — P. 33-66.

ПОДХОД К ВЫБОРУ МЕТОДА ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

К.Н. Болсунов, В.М. Ильяшенко

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена вопросам формирования подхода к выбору соответствующих методов обработки Больших данных. Рассмотрены основные возможности использования Больших данных в медицинской сфере, описаны различные типы медицинских задач, решение которых требует использования технологий обработки Больших данных. Для формирования подхода к выбору метода обработки медицинской информации, требующей использования Больших данных, установлено соответствие между типом решаемой задачи, источником получения данных и методом обработки медицинской информации.

Ключевые слова: Большие данные, типы медицинской информации, методы обработки медицинской информации.

Существует большое количество сфер применения Больших данных, например, финансовый сектор, маркетинговые, медицинские исследования и т.д. В сфере здравоохранения можно выделить такие области применения Больших данных, как решение задач персонализированной медицины, прогнозирования эпидемий, борьбы с существующими болезнями, лечения и профилактики заболеваний, совершенствования методов лечения. Особенно актуальным использование Больших данных становится в связи с увеличением населения планеты ежегодно примерно на 1,33% [1]. Основная задача при использовании Больших данных в здравоохранении направлена на обработку биомедицинских данных, анализ данных, визуализацию и получение результатов.

Под Большими данными (Big Data) понимают большие объемы данных разной степени структурированности (структурированные, слабо структурированные, неструктурированные), требующие специальных методов обработки при сохранении высокого уровня скорости и качества обработки данных. Большие данные обладают свойствами 5V – Volume (реально большие объемы данных в физическом смысле), Variety (разнородные данные), Velocity (высокая скорость обработки данных), Veracity (достоверность), Value (ценность) [2].

Технологии Больших данных предоставляют следующие возможности их использования в медицинской сфере:

- проведение сложной диагностики позволяет решить проблемы диагностирования редких заболеваний, предупреждение эпидемий;
- обработка результатов сбора данных, полученных с помощью сигналов, поступающих от медицинских гаджетов. Носимые медицинские устройства позволяют собирать информацию о пациенте и отправлять ее в единое хранилище данных;
- информационная поддержка неотложной помощи, что позволяет своевременно диагностировать критические состояния, предупредить от смертельного воздействия среды;
- оказание медицинской помощи с использованием телемедицинских технологий. Это позволяет осуществлять дистанционное обследование, оперативно назначать траекторию лечения;

- осуществление комплексной профилактики, что позволяет провести сложное лечение на фоне приема пациентов ряда лекарственных препаратов. При операционном вмешательстве возникает необходимость обработки массива данных о процессах жизнедеятельности пациента;
- поддержка безопасности пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии на основе использования аналитических систем для прогнозирования хирургического риска;
- предсказательные возможности электронных медицинских карт (EHR).

Так, например, большие данные используют при проведении генетического анализа, анализа клинических испытаний, при использовании экспертных систем в медицине. Приведем пример, наглядно демонстрирующий возможности использования технологий обработки Больших Данных в медицине. В детской больнице Торонто реализуется проект Project Artemis [3]. В рамках проекта разработана информационная система, которая собирает и анализирует данные по младенцам в реальном времени. Система ежесекундно отслеживает 1260 показателей состояния каждого ребенка. На основе собранных данных проводится их анализ, выявляются отклонения от заданных нормативных показателей, что позволяет прогнозировать нестабильное состояние ребенка и принять меры по организации профилактики заболеваний у детей.

Медицинские аналитические задачи, которые можно решать с применением анализа Больших данных, могут быть различных типов в зависимости от вопроса, на который необходимо получить ответ:

- описательная аналитика (отвечающая на вопрос «Что случилось?»);
- диагностическая аналитика («Почему это произошло?»);
- предиктивная аналитика («Что случится в будущем?»);
- предписывающая аналитика («Что необходимо сделать, чтобы этого не произошло?»).

Сегодня существует достаточно большое число методов обработки медицинской информации, относящейся к категории Больших данных. Выбор метода зависит от источника поступления информации, от вида сигнала и типов данных. Медицинскую информацию можно разделить на четыре основных блока [4]:

- алфавитно-цифровая информация – является основой многих форм печатных и рукописных документов;
- визуальная информация:
 - статическая – представляет из себя различные изображения (рентгенограммы, эхокардиограммы и т.д.).
 - динамическая – к этой категории относятся походка пациента, его мимика, сухожильные рефлексы, реакция зрачка на свет;
- звуковая информация – включает речь пациента или комментарий врача, звуковые сигналы, генерируемые медицинским оборудованием;
- комбинированные виды информации - представляет собой любую комбинацию алфавитно-цифровой, визуально-графической и звуковой информации, наиболее популярным комбинированным видом информации является сочетание динамической визуальной информации со звуковой.

На основе собранных данных производится формирование медицинской информации с использованием следующих методов обработки массивов данных, относящихся к категории Больших данных [5]:

- data mining – представляет собой вычислительный процесс обнаружения паттернов в больших наборах данных с использованием методов на пересечении искусственного интеллекта, машинного обучения, статистики и системы баз данных;
- машинное обучение – позволяет изучать методы построения алгоритмов, которые способны к обучению;
- crowdsourcing – позволяет осуществлять сбор данных из большого числа источников на основе использования трудового потенциала и мотивированности сторонних тестировщиков, аналитиков и т.д.;
- статистический анализ: A/B-тестирование и анализ временных рядов;
- визуализация аналитических данных – дает возможность представления информации в виде рисунков, схем, диаграмм, графиков.
- MapReduce – модель распределённых вычислений, которая используется для параллельных вычислений над очень большими наборами данных в компьютерных кластерах.
- No SQL – определяет ряд подходов, направленных на реализацию хранилищ баз данных, имеющих существенные отличия от моделей, используемых в традиционных реляционных СУБД с доступом к данным средствами языка SQL. Данная технология применяется к базам данных, в которых делается попытка решить проблемы масштабируемости и доступности.

Для использования больших данных необходимо решение следующих задач: выбор соответствующего метода обработки информации с учетом источника получения информации и типа данных; консолидация множества источников информации о пациенте на базе единой платформы и обеспечение к ней доступа медицинского персонала и исследователей через удобный интерфейс для назначения лечения, скорректированного под индивидуальные особенности пациента.

С учетом вышеизложенного можно сформулировать алгоритм выбора соответствующего метода обработки информации при использовании технологии обработки больших данных:

- определение источника информации;
- определение типа данных;
- выявление типа решаемой задачи, например, профилактика заболеваний, комплексная диагностика, в том числе с использованием телемедицинских технологий, оказание неотложной медицинской помощи и т.д.

Для медицинской практики может быть установлено следующее соответствие между типом решаемой задачи, источником поступления данных и методом обработки информации. Представим данное соответствие в виде следующей таблицы (таблица 1).

Рассмотрим возможность использования предлагаемого подхода при выборе метода обработки медицинской информации, относящейся к категории Больших данных. При решении задачи дистанционного контроля за здоровьем электрический потенциал сердечного ритма можно отслеживать с помощью носимого датчика биомедицинских сигналов. ЭКГ представляет собой оценку электрического потенциала сердца в течение 24 часов с помощью датчиков биопотенциальных электродов, прикрепленных к поверхности кожи.

Полученные данные собираются и записываются с использованием регистратора данных. ЭКГ полезна для измерения скорости и регулярности сердечных сокращений с целью диагностики аритмии и других сердечно-сосудистых заболеваний. Большие объемы данных, полученные от датчиков, передаются в облако для хранения и, согласно предлагаемому подходу, могут использоваться для интеллектуального анализа (предсказательная аналитика, профилактика заболеваний), с помощью схемы MapReduce. Например, аналитика данных используется для анализа и постановки модели, коррелированной с другими параметрами человеческого тела (частота дыхания, температура и влажность).

Таблица 1.

№ пп	Тип решаемой задачи	Источник поступления данных	Метод обработки информации
1	Профилактика заболеваний	Медицинские гаджеты (носимые устройства)	Статистический анализ, Краудсорсинг (Crowdsourcing), MapReduce
2	Комплексная диагностика	Электронная карта пациента, в том числе с использованием телемедицинских технологий	Машинное обучение, искусственный интеллект, визуализация аналитических данных
3	Оказание медицинской помощи с использованием телемедицинских технологий	Данные, поступившие от пациента или врача из региона	Визуализация аналитических данных, NoSQL
4	Предсказательная аналитика	Медицинские гаджеты (носимые устройства), электронные медицинские карты (EHR)	Предсказательный анализ данных, MapReduce
5	Поддержка безопасности пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии	Медицинские гаджеты (носимые устройства)	Предсказательный анализ данных, MapReduce

Выводы. В рассматриваемой работе на основании анализа существующих технологий обработки больших данных, возможностей их использования в медицинской сфере предложен подход к выбору соответствующего метода обработки больших объемов неструктурированной или слабо структурированной информации. Результат применения предлагаемого подхода представлен в таблице 1. В дальнейшем планируется рассмотреть более детально возможности применения некоторых из указанных технологий обработки больших данных применительно к решению тех задач, соответствие с которыми установлено в данной работе.

Список литературы

1. I. V. Ilin, O. Yu. Ilyashenko, S. V. Shirokova, A.I. Levina, O. Hamalainen. Big Data for business analytics. Санкт-Петербург. (2016).
2. Alejandro Rodríguez González. Big Data in Healthcare: motivation, current state and specific use cases.
3. ARTEMIS | Health Informatics Research. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hir.uoit.ca/cms/?q=node/24>. (Дата обращения 10.12.2017).
4. Виды медицинской информации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/10_213674_vidi-meditsinskoy-informatsii.html (Дата обращения 22.02.2018)
5. Большие данные (Big Data). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_данные_\(Big_Data\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_данные_(Big_Data)). (Дата обращения 17.01.2018).

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ pK_a НЕКОТОРЫХ АМИНОКИСЛОТ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ

Б.М. ИСМАГУЛОВ, А.Ф. КУРМАНОВА, И.А. ПУСТОЛАЙКИНА

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

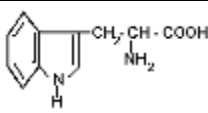
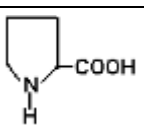
Аннотация. Методом UHF в базисе 6-31G с учетом сольватации в рамках IEFPCM модели (растворитель – вода) с помощью программного комплекса Gaussian-2009 оценена энергия депротонирования аминокислот. На основании корреляционного анализа показана линейная прямая пропорциональная зависимость между универсальным показателем кислотности аминокислот и энергией депротонирования, оцененной квантово-химически.

Ключевые слова: Показатель кислотности pK_a , аминокислоты, протолитическая способность, энергия депротонирования, UHF6-31 G, IEFPCM

Бурный прогресс в разработке и использовании квантово-химических методов, развитие вычислительной техники и программного обеспечения привели к широкому применению компьютерного моделирования в современной химии. В последние годы в связи с развитием вычислительной техники и совершенствованием программных средств в области квантовой химии широкое распространение получили методы прогноза значения величины pK_a , основанные на эмпирических квантово-химических расчетах [1,2].

Таблица 1.

Энергия депротонирования ΔE и справочные значения величины pK_a ряда исследуемых аминокислот. Метод расчета- UHF6-31 G

Аминокислоты	Формула	Общая энергия молекулы $E(UHF)$	Энергия молекулы $E(RHF)$	ΔE кДж/моль	$pK_{аспр.}$
Триптофан (Trp)		-681.8989854	-681.33361880	0,5653666	1,22
Пролин (Pro)		-398.5815462	-398.01282073	0,5687255	2,00
Аспарагиновая кислота (Asp)	$HOOC \cdot CH_2 \cdot \underset{\substack{ \\ NH_2}}{CH} \cdot COOH$	-509.2372078	-508.68201601	0,5551918	2,09
Глицин (Gly)	$H_2N \cdot CH_2COOH$	-282.6948102	-282.12278981	0,5720204	2,34
Треонин (Thr)	$CH_3 \cdot \underset{\substack{ \\ OH}}{CH} \cdot \underset{\substack{ \\ NH_2}}{CH} \cdot COOH$	-435.5556590	-435.00636830	0,5492907	2,63

Кислотно-основные свойства органических соединений является одной из важнейших физико-химических характеристик, позволяющих прогнозировать их реакционную способность и биологическую активность.

Целью настоящего исследования является отработка эффективной методики теоретической оценки показателя кислотности pK_a общедоступными методами квантовой

химии. Объектом исследования являются некоторые аминокислоты со структурой от самого простого до сложного. Предмет исследования - протолитическая способность. Далее нами было определено квантово-химическая оценка показателя кислотности для ряда аминокислот. В таблице 1 показано энергия депротонирования ΔE рассчитанные методом расчета - UHF6-31 G и справочные значения величины pK_a ряда исследуемых аминокислот.

На рисунке 1 представлены графики зависимости между энергией депротонирования ΔE , UHF ab-initio-методом в базисе 6-31 G, и справочными значениями величины pK_a для рассматривания ряда аминокислот.

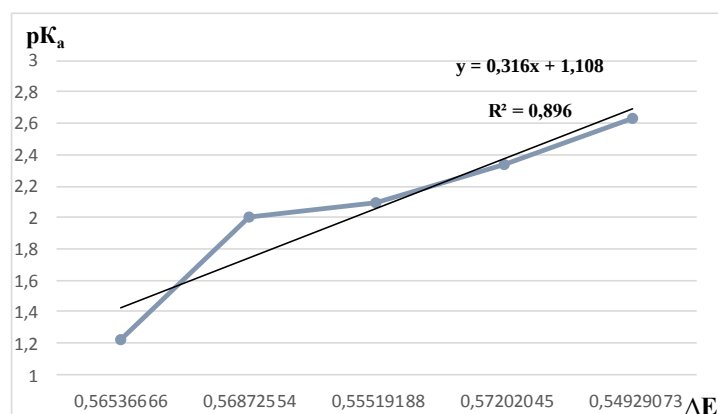


Рисунок 1. График зависимости значения величины pK_a от энергией депротонирования ΔE для исследуемого ряда аминокислот. Метод расчета UHF6-31 G

Как видно из представленных таблице 1 и на рисунке 1 данных, между справочными значениями величины pK_a и расчетными значениями энергии депротонирования ΔE наблюдается прямая пропорциональная зависимость. Высокое значение коэффициента корреляции ($R=0,8969$) указывает на наличие сильной связи между энергией депротонирования кислоты и значением показателя ее кислотности pK_a .

Таблица 2.

Энергия депротонирования ΔE и справочные значения величины pK_a ряда исследуемых аминокислот. Метод расчета- UHF6-31 G IEFPCM

Аминокислоты	Общ энергия молекулы E(UHF)	Энергия молекулы E(RHF)	ΔE кДж/моль	pK_a <i>спр.</i>
Trp	-681.91556083	-681.44224808	0,47331275	1,22
Pro	-398.59320786	-398.11812590	0,47508196	2,00
Asp	-509.25841162	-508.79089033	0,46752129	2,09
Gly	-282.70918273	-282.23134854	0,47783419	2,34
Thr	-435.57660836	-435.10037741	0,47623095	2,63

Как видно из представленных таблице 2 между справочными значениями величины pK_a и расчетными значениями энергии депротонирования ΔE наблюдается прямая пропорциональная зависимость. Выполненных UHF6-31 G без учета влияния растворителя.

Таблица 3.

**Расчетные и справочные значения величины pK_a для ряда исследуемых аминокислот.
Метод расчета - UHF6-31 G IEFPCM**

<i>Аминокислоты</i>	pK_a <i>расчет</i>	pK_a <i>спр</i>
Trp	25,7317	1,22
Pro	26,5472	2,00
Asp	23,0620	2,09
Gly	27,8159	2,34
Thr	27,0768	2,63

На рисунке 3 представлен график зависимости справочного значения величины pK_a от расчетного pK_a *расчет*.

Расчеты подобного типа представляет собой весьма трудную для квантовой химии задачу, поэтому, как видно из представленных в таблице 3 и на рисунке 3 данных, точного количественного соответствия между расчетными и справочными значениями величины pK_a не наблюдается.

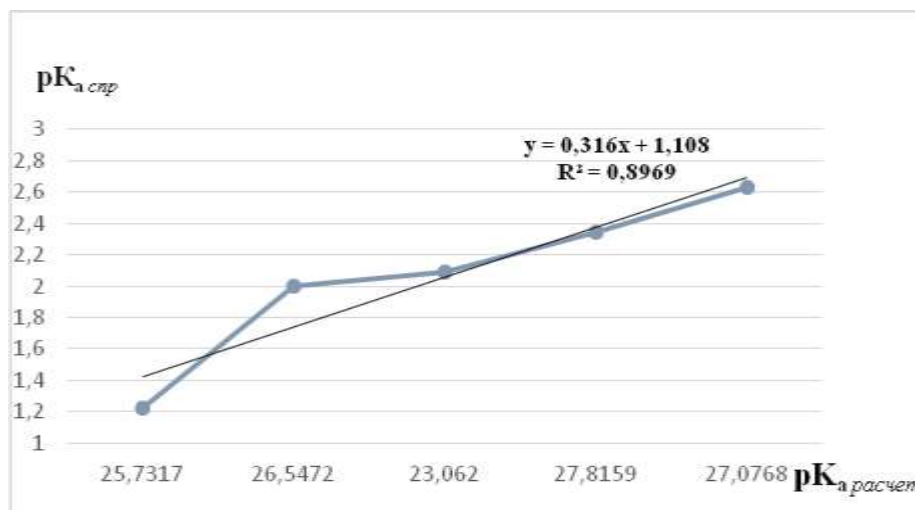


Рисунок 3. График зависимости справочного значения величины pK_a *спр.* от расчетного значения pK_a *расчет* для исследуемого ряда аминокислот.

Для более точной оценки величины pK_a воспользуемся уравнением линейной аппроксимации, отражающей зависимость справочного значения величины pK_a *спр.* от расчетного значения pK_a *расчет* (рисунок 3):

$$y = 0,316x + 1,108 \quad (1)$$

Подставляя в данное уравнение вместо x значение pK_a *расчет* для каждой из 5 исследуемых аминокислот получим окончательное расчетное значение величины pK_a - pK_a *теор.* Полученные в результате решения уравнения (1) значения pK_a *теор.* Для ряда исследуемых аминокислот представлены в таблице 4.

Как видно из представленных в таблице 4 данных, хорошее согласие расчетных и справочных данных величины pK_a достигнуто.

Таблица 4.

Теоретические оцененные показатели кислотности pK_a теор и справочные значения величины pK_a для ряда исследуемых аминокислот. Метод расчета - UHF6-31 G IEFPCM

Аминокислоты	pK_a спр.	pK_a теор
Trp	1,22	3,15
Pro	2,00	3,2
Asp	2,09	2,99
Gly	2,34	3,28
Thr	2,63	3,23

На рисунке 4 представлен график зависимости справочного значения величины pK_a от теоретического оцененного pK_a теор для ряда исследуемых аминокислот.

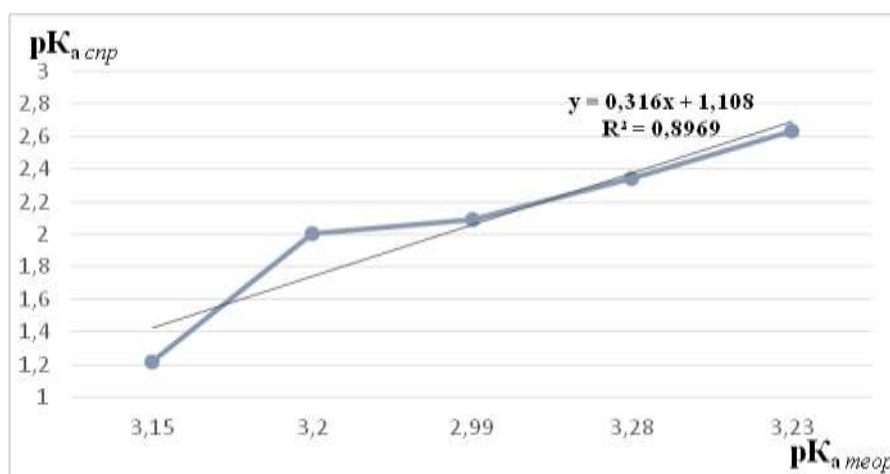


Рисунок 4. График зависимости справочного значения величины pK_a спр. от теоретического оцененного pK_a теор для исследуемого ряда аминокислот

На рисунке 4 четко прослеживается линейная зависимость между теоритическими и справочными значениями величины pK_a .

Таким образом, нами была выполнена квантово-химическая оценка показателя кислотности для модельного ряда аминокислот. Полученные данные свидетельствует о наличии сильной корреляции между энергией депротонирования кислоты, рассчитанными квантово-химически, и экспериментальными значением показателя кислотности. На точность теоретической оценки величины pK_a влияет метод квантово-химического расчета и учет сольватации.

Список литературы

1. Пустолайкина И.А. Исследование возможности предсказания значения величины pK_a методами квантовой химии.// Вестник Кар ГУ. Серия «Химия». – 2009.-№3-С.4-9
2. Tomasi J., Mennucci B., Cammi R. Quantum Mechanical Continuum Solvation Models // Chem.Rev.-2005.-V.105.-P. 299-393

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИК СПЕКТРОСКОПИИ И ИМПЕДИМЕТРИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕИНВАЗИВНЫХ СЕНСОРОВ ГЛЮКОЗЫ

Е. П. КАРИБДЖАНОВА, М. Д. КАПУСТИНСКИЙ, Н. О. СИТКОВ, М.Ф. ПАНОВ, Т. М. ЗИМИНА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Проведен сравнительный анализ методик инфракрасной спектроскопии и импедиметрии с целью разработки неинвазивного анализатора уровня глюкозы в крови. Проведено исследование спектральных характеристик растворов глюкозы в различных концентрациях в инфракрасной области спектра и частотных зависимостей электрического импеданса растворов глюкозы, которые показали перспективы применения данных методик для глюкометрической сенсорики.

Ключевые слова: глюкометрия, сенсоры, импедиметрия, ИК-спектроскопия.

По данным IDF (International Diabet Federation) в настоящее время насчитывается 425 миллионов человек, больных диабетом и это число неуклонно растет [1]. Для больных диабетом мониторинг уровня глюкозы в крови жизненно необходим. Традиционные методы измерения глюкозы в крови являются болезненными, что приводит к менее эффективному контролю гликемии. Это делает актуальным введение новых неинвазивных методов измерения уровня глюкозы в крови. Для реализации неинвазивных методов контроля глюкозы в крови могут быть использованы различные физические принципы детектирования, например: ИК спектроскопия, импедиметрия, акустометрия и другие. Для создания портативных приборов для мониторинга глюкозы необходимо выбрать наиболее перспективные из них и удобные для имплементации в виде портативных приборов.

Метод ИК спектроскопии позволяет создать ИК- сенсор, основными частями которого будут ИК-светодиод и фотоприемник. Необходимо с помощью ИК спектроскопии определить пики поглощения глюкозы. Диод с длиной волны, соответствующей максимуму поглощения глюкозы в инфракрасной области спектра, будет пропускать излучение сквозь палец или мочку уха пациента. Там излучение будет частично рассеиваться на глюкозе и на выходе регистрироваться фотоприемником. Таким образом, имеется возможность создания прибора в виде ушной клипсы или кольца на палец, осуществляющего постоянный мониторинг уровня глюкозы в крови.

Импедиметрический метод основан на изменении проводимости клеточной мембраны под действием высоких (или, наоборот, пониженных) концентраций глюкозы. Гипергликемия при сахарном диабете вызывает снижение активности $\text{Na}^+ / \text{K}^+ - \text{АТФазы}$. Нарушение баланса трансмембранного электролита вызывает изменения в потенциале клеточной мембраны. Более того, изменения метаболически активного энантиомера d-глюкозы влияют на диэлектрическую проницаемость и проводимость клеточных мембран [2]. Перечисленные изменения могут фиксироваться системой, состоящей из 2 электродов, между которыми помещен палец или мочка уха пациента. Важно учитывать влияние температуры тканей на ее проводимость.

Проведено исследование спектральных характеристик в ИК области спектра и частотных зависимостей электрического импеданса растворов глюкозы. Полученные данные показали, что применение данных методов имеет перспективы, в особенности учитывая наличие современной элементной базы твердотельной электроники, включая

ИК полупроводниковые излучатели и приемники, генераторы и приемники в радиочастотном диапазоне.

Список литературы

1. International Diabetes Federation. 8th Edition of the Diabetes Atlas. Key messages. 2017, вып. (№) 8. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.diabetesatlas.org/key-messages.html>
2. Viskupicova J., Blaskovic D., Galiniak S., Soszyński M., Bartosz G., Horakova L., Sadowska-Bartos I. Effect of high glucose concentrations on human erythrocytes in vitro // Redox Biology. 2015, вып. (№) 5. С. 381-387.

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР СТУПНИ ПРИ ПЕРЕЛОМЕ НАРУЖНОЙ ЛОДЫЖКИ

И.В. КОНДРАТЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе описана методика построения компьютерной 3D модели по данным компьютерной томографии. Отражены результаты биомеханического исследования состояния структур ступни при переломе наружной лодыжки.

Ключевые слова: моделирование, 3D-модель, остеосинтез, репозиция, метод конечных элементов, напряженно-деформируемое состояние.

Актуальность. Лодыжки - это нижние концевые отделы берцовых костей голени, входящие в голеностопный сустав. Они образуют «вилку» для голеностопного сустава, ограничивая его с обеих сторон. На этот сустав приходится основная статическая нагрузка – воздействие веса тела, а также значительная динамическая нагрузка при ходьбе. Травма голеностопа возникает вследствие прямого удара по ноге тяжелым предметом или при падении на нижнюю конечность тяжелых (плит, кирпичей, железных труб). В большинстве случаев перелом развивается при подворачивании ноги.

Перелом лодыжки - один из наиболее частых видов травм, он составляет до двух третей всех травм голени, и 21-23% по отношению ко всем травмам и повреждениям костей скелета. Перелом характеризуются смещением отломков и последующими значительными изменениями внутрисуставной синовиальной среды. Современные принципы лечения таких повреждений - точная репозиция костных отломков и ранняя функция - могут быть обеспечены только с помощью хирургического лечения - открытой репозиции и стабильно функционального остеосинтеза. Однако даже при таких условиях частота осложнений достигает 12–17 %, а количество неудовлетворительных результатов лечения в целом колеблется от 7 до 38 % [1]. Поэтому проведение исследования состояния структур ступни при переломе, коррекции и реконструкции лодыжки является важной задачей для снижения количества неудовлетворительных результатов лечения.

Цель работы: биомеханическое исследование состояния структур ступни при переломе наружной лодыжки и при ее коррекции.

Для достижения цели решены следующие задачи: 1. Создана компьютерная модель стопы на основе снимков компьютерной томографии (КТ); 2. В геометрическую компьютерную модель, построенную на основе снимков КТ, встроены связки; 3. Созданы компьютерные модели винтов для фиксации поврежденных участков малоберцовой кости; 4. Создана компьютерная модель пластины для фиксации отломков; 5. Проведены

исследования напряженно - деформированного состояния в норме, при переломе лодыжки и после коррекции.

Материал и методы исследования. При построении компьютерной модели было выполнено следующее: 1. Создана 3D компьютерная модель костей стопы по томографическим срезам. 2D срезы объединены в маску с помощью программы Mimics 2008; 2. Построенная в программе Mimics 2008, модель - оболочка голеностопа перенесена в программу пакета моделирования SolidWorks 2017; 3. На основе модели - оболочки создана твердотельная модель, адекватно отражающая геометрию голеностопа; 4. В пакете моделирования SolidWorks 2017 в модель интегрированы связки; 5. Смоделировано паталогическое состояние лодыжки (перелом наружной лодыжки) (рис. 1 а). 6. Построена трехмерная компьютерная модель стопы с имплантом, включающим пластину для фиксации отломков, фиксирующие винты (рис. 1 б).

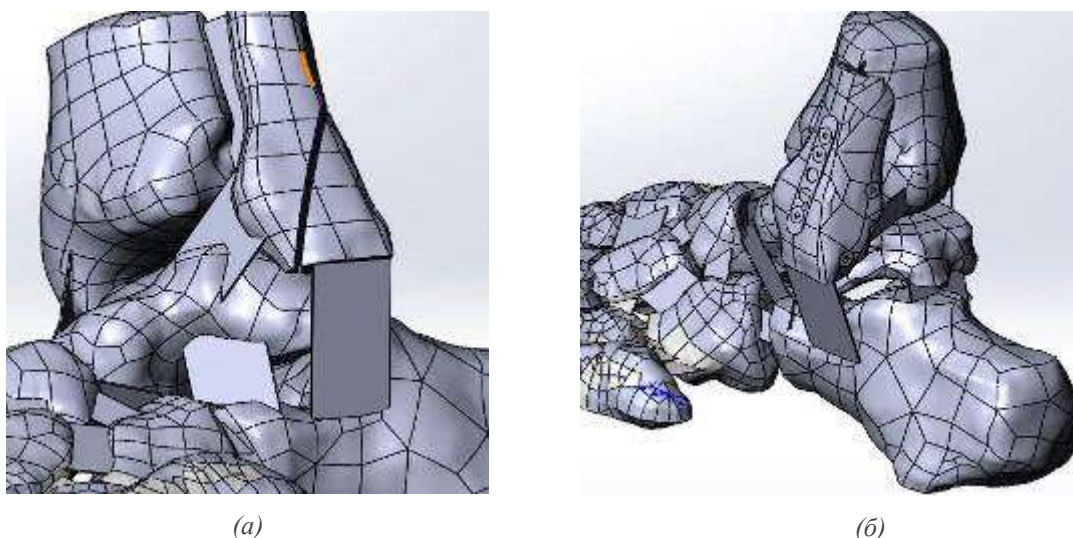


Рис. 1. Геометрические компьютерные модели стопы с переломом наружной лодыжки (а) и с имплантом, включающим пластину для фиксации отломков, фиксирующие винты (б).

При построении содержательной модели введены следующие допущения: При построении содержательной модели введены следующие допущения: материал костей ступни и связок является сплошным, изотропным и упругим; в материалах отсутствуют начальные напряжения; введено жесткое закрепление задней части пяточной кости и первых фаланг четырех пальцев. Для каждого материала, были заданы механические свойства, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства материалов звеньев фиксации

Параметр	Сплав титана BT6	Компактная костная ткань	Спонгиозная костная ткань	Сухожилие
Модуль нормальной упругости E , ГПа	110	16,20	0,60	0,320
Коэффициент Пуассона, ν	0,33	0,33	0,33	0,33
Плотность ρ , кг/м ³	4700	2000	500	1400
Временное сопротивление σ_b , МПа	900	170	10	50
Предел текучести σ_t , МПа	700	-	-	-

Результаты и обсуждения. Вычисления напряжений, перемещений и деформаций в стопе проведены методом конечных элементов (МКЭ) [2]. Модели стопы разбиты на тетраэдрическую сетку. Общее количество конечных элементов (КЭ) составило 41867, а общее количество узлов 69715. При задании числа КЭ больше 41867 процесс сходится и оказывает незначительное влияние на результаты вычислений.

На рис. 2 предоставлены результаты вычислений напряжений при различном числе конечных элементов в сетке.

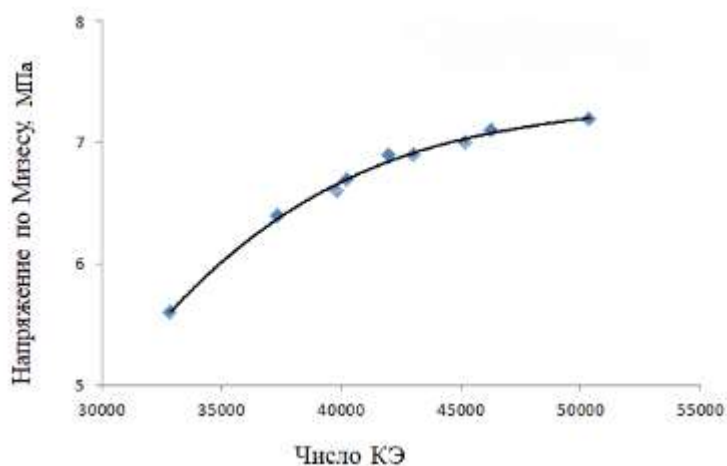


Рис. 2. График зависимости напряжения от числа КЭ модели

На рис. 3 приведены эпюры напряжений и перемещений в стопе в норме при нагрузке 350 Н, приложенной к поверхности большеберцовой и малоберцовой кости.

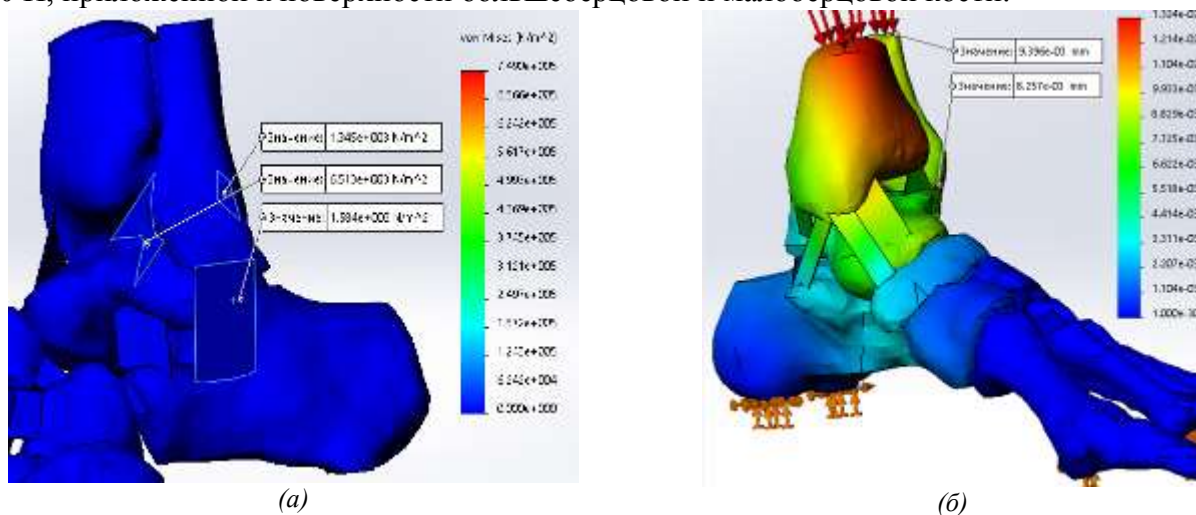


Рис. 3. Эпюра напряжений (а) и перемещений (б) в стопе в норме

На рис. 4 приведены эпюры напряжений и перемещений в стопе при переломе лодыжки при нагрузке 350 Н приложенной к поверхности большеберцовой и малоберцовой кости.

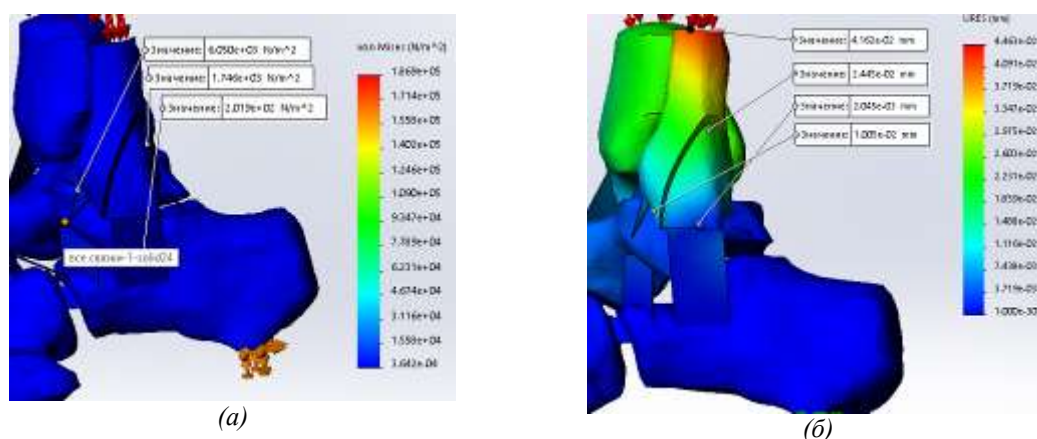


Рис. 4. Эпюра напряжений (а) и перемещений (б) в стопе при переломе лодыжки

На рис. 5 приведены эпюры напряжений и перемещений в стопе при коррекции перелома лодыжки при нагрузке 350 Н.

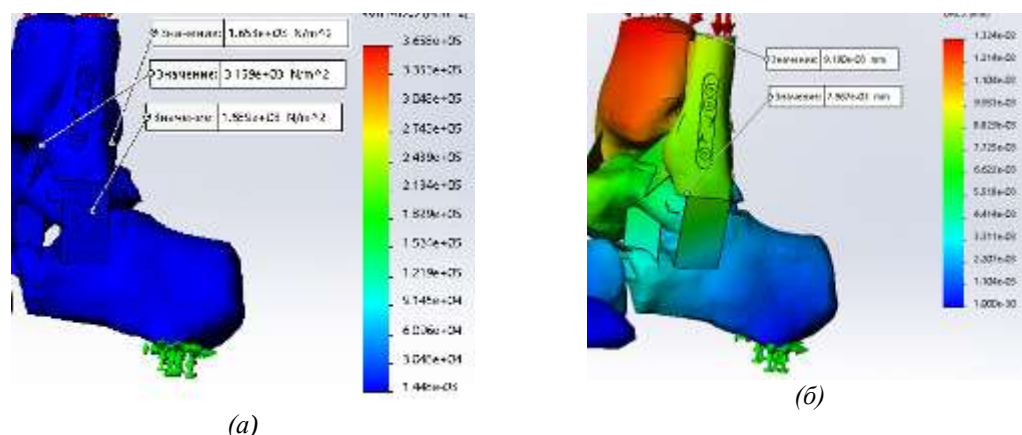


Рис. 5. Эпюра напряжений (а) и перемещений (б) в стопе при коррекции перелома

Как видно из полученных эпюр при переломе лодыжки значительно возрастает напряжение на передней таранно-малоберцовой связке ($6 \cdot 10^3$ Па), а на задней таранно-малоберцовой связке напряжение уменьшается ($1 \cdot 10^3$ Па). Это объясняется тем, что при подобном переломе задняя таранно-малоберцовая связка перестает получать нагрузку от малоберцовой кости. Нагрузка на остальные связки возрастает, что мы и видим на эпюре. При коррекции перелома напряжение на таранно-малоберцовой ($3.15 \cdot 10^3$ Па) связке и на задней таранно-малоберцовой ($1.7 \cdot 10^3$ Па) связке возвращается в норму.

Выводы. Было проведено биомеханическое исследование состояния структур ступни при переломе наружной лодыжки. Проведенный анализ позволяет сделать заключение о возможности предоперационного прогнозирования результатов коррекции перелома наружной лодыжки, и таким образом снизить процент неудовлетворительных результатов лечения и частоту осложнений после коррекции путем анализа наилучшего метода лечения на 3D модели.

Список литературы

1. Яременко Д. А. *К диагностике и лечению посттравматической нестабильности голеностопного сустава* / Яременко Д. А., Грунтовский Г. Х., Ефимов Р. В. // Там же. — 1998. — № 1. — С. 48–53
2. П. И. Бегун, Е. А. Лебедева, Д. А. Лобачева, О. В. Щепилина. *Компьютерное моделирование в прикладной и биомеханике: учеб. Пособие*. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 160 с.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ АЛАНИНА

А.Б. Кыдыралы, М.Г. Макыбас, А.Ф. Курманова, И.А. Пустолайкина

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

Аннотация. Методом *ab initio* UHF 3-21G с использованием программы Gaussian-2009 исследованы циклические димеры аланина. Квантово-химический были определены четыре типа циклических димеров аланина. Проведен сравнительный анализ геометрии, зарядовых и энергетических параметров димеров аминокислот и отдельной молекулы. Оценена энергия комплексообразования изученных димеров.

Ключевые слова: квантово-химические расчеты, *ab initio* UHF 3-21G, водородная связь, аланин, димеры, циклические комплексы по водородной связи, геометрические и энергетические параметры, распределение заряда, энергия комплексообразования

В человеческом организме аланин «зарождается» в мышечных тканях из молочной кислоты, которая считается наиболее важным веществом для метаболизма аминокислот. Затем печень всасывает аланин, где продолжаются его трансформации. В результате он становится важным компонентом в процессе производства глюкозы и регулирования уровня сахаров в крови. Благодаря этому аланин часто используют как средство для предотвращения гипогликемии и стимулирования быстрого высвобождения глюкозы в кровотока. Аланин способен превращаться в глюкозу, но, если возникнет необходимость, возможна и реакция реверса [1].

Аланин как и все аминокислоты обладает как кислотными, так и основными свойствами: кислотные свойства придает карбоксильная группа, основные - аминогруппа. В отдельной молекуле они взаимно нейтрализуют друг друга, образуя биполярные ионы. Интересно было проследить как данные свойства изменяются в димерных молекулах с применением квантово-химических методов исследования. Моделирование процесса димерных комплексов аланина осуществлялось неэмпирическим методом в базисе 3-21g в неограниченном Хартри-Фоковском приближении программного комплекса Gaussian09 Revision-B.01-SMP.

На рисунке 1 представленная модель демонстрирует геометрические параметры молекулы: межатомные расстояния и валентные углы и распределения зарядов на реперных атомах.

Как видно из рисунка, распределение зарядов на атомах водорода зависит от его положения в молекуле и различается в зависимости от принадлежности к функциональной группе: на водород карбоксильной группы имеет наибольший положительный заряд ($q=0,204$) по сравнению с водородом аминной группы ($q=0,102$). Следует обратить внимание на одинаковые заряды на водородах связанных с азотом, что указывает на их равнозначность и симметричную структуру. Дипольный момент молекулы, согласно UHF 3-21g расчетам, составляет $\mu=1,9369$ Debye. Как известно - молекулы с отличным от нуля дипольным моментом называются полярными. Следовательно, молекула аланина способна к двойственной протолитической способности проявляя одновременно и свойства кислоты – отщепляя протон карбоксильной группы, и свойства основания – за счет неподеленных электронных пар азота аминной группы.

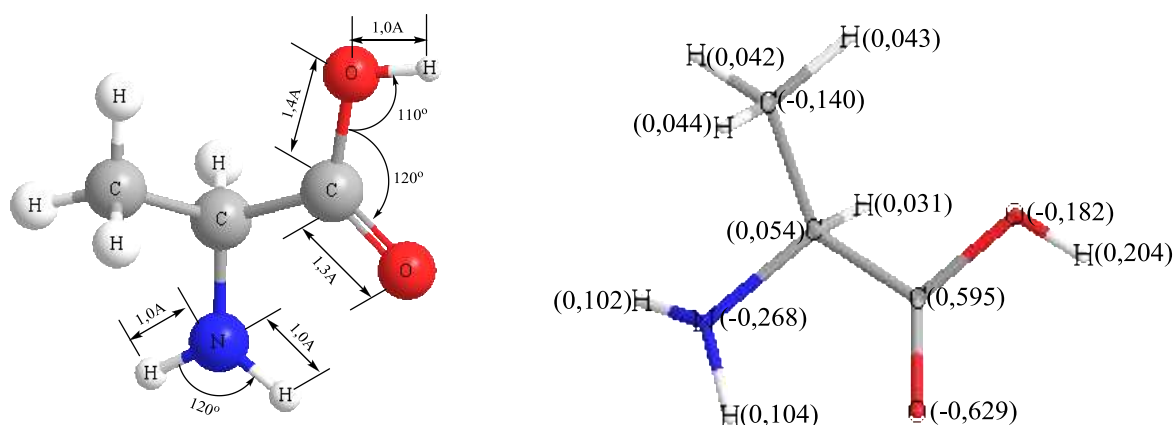


Рисунок 1. Геометрические параметры и распределение зарядов на атомах аланина

На основании вышеизложенного, интересно исследовать способность аланина к комплексообразованию за счет водородных связей (КВС) в димерных молекулах и выявить какие из возможных комплексов являются кинетически наиболее стабильными и возможно наиболее вероятными.

На рисунке 2 представлены циклические комплексы за счет водородной связи, образованный при ориентации гидроксогрупп относительно друг друга.

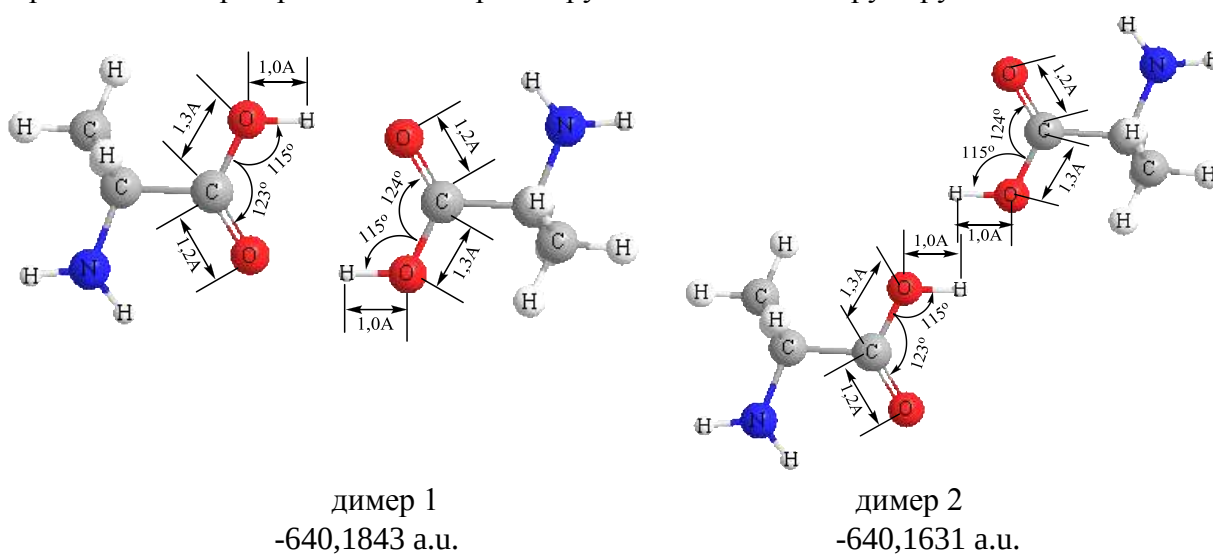


Рисунок 2. Геометрические и кинетические параметры КВС циклического типа димеров аланина

Как видно из рисунка 1, вовлечение в образование циклического комплекса за счет водородных связей карбоксильной группы целиком (димер 1) приводит к уменьшению межатомных расстояний и валентных углов с атомами, участвующих в образовании межмолекулярных водородных связей, по сравнению с одиночной молекулой.

Анализ геометрических параметров димера 2, в котором в образовании комплекса вовлечены только гидроксидные группы карбоксильной группировки, так же показывает на их уменьшение и может быть интерпретировано в пользу устойчивости димерных структур.

Если сравнивать геометрические параметры димеров – то максимальные значения принадлежат структуре 1. Возможно подобная зависимость может указывать на более слабые межатомные взаимодействия внутри молекулы и следовательно к более сильным

межмолекулярным взаимодействиям в соответствующих димерах, вследствие более высокой подвижности водорода.

На рисунке 3 приведены структуры димеров в которых в образовании комплексов принимает участие аминогруппа кислоты.

Подобный структуры оказалась достаточно стабильны, занимая по значениям энергий, промежуточное положение между димером 1 и димером 2.

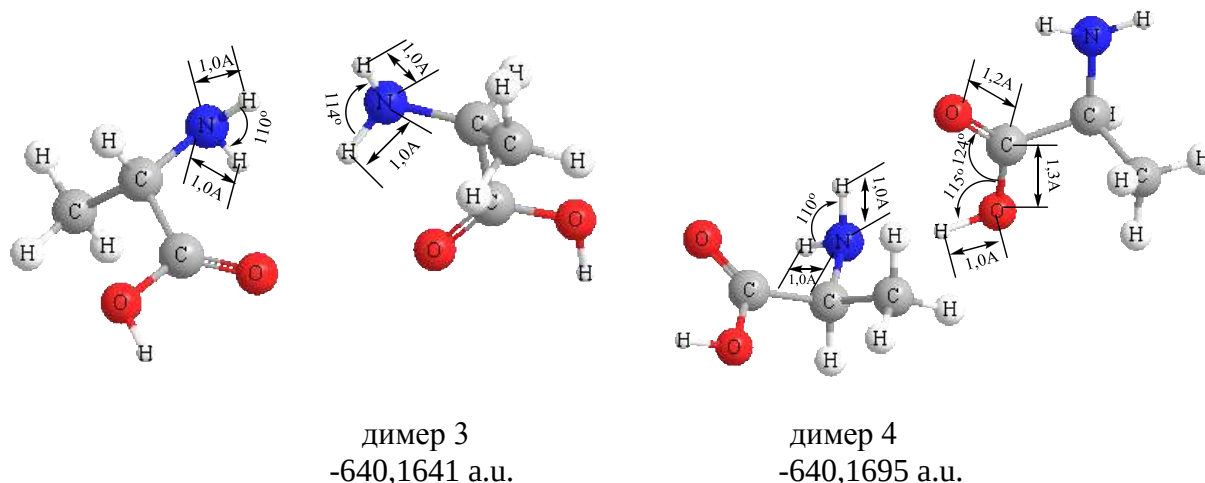


Рисунок 3. Геометрические и кинетические параметры КВС циклического типа димеров аминокислоты

В димере 3 – КВС образуется только за счет водородных связей образованных водородными аминогруппы одной молекулы и неподеленными электронными парами азота второй молекулы.

В димере 4 – в комплексообразовании принимают участие карбоксильная группа одной молекулы и аминогруппа второй молекулы аминокислоты.

Анализ геометрических параметров рассмотренных моделей показывает, что вовлечение в комплексообразование функциональных группировок заметно изменяют как межатомные расстояния, так и углы гибридизации молекулярных орбиталей.

Список литературы

1. Северин Е.С. Биохимия. Учеб. для вузов. – Москва: Издательство: "ГЭОТАР-МЕД", - 2003. – 779 с.

СЕНСОРНО-АКТЮАТОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ-НА-ЧИПЕ НА ОСНОВЕ ПАВ

В.Е. ЛЕМОЗЕРСКИЙ, А. КАТАШОВ, Т.М. ЗИМИНА, А.С. КОЙГЕРОВ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. обсуждаются перспективы использования акустоэлектронного элемента, сопряженного с микрофлюидной системой для микробиологического экспресс анализа. Описан метод расчета и конструирования микроприбора. Приводятся данные его испытания.

Ключевые слова: лаборатория-на-чипе, микрофлюидика, ПАВ-актюаторы.

Научное и практическое значение миниатюрных гибридных приборов для микробиологического экспресс-анализа (лабораторий-на-чипе, далее: ЛНЧ) трудно пе-

реоценить. Однако, разработка таких приборов выдвигает ряд научно-технических задач, которые связаны со специфическими особенностями миниатюризации жидкостных систем и их интегрирования в сложные гибридные приборы. Эти задачи можно разделить на три класса: 1) разработка физико-технических основ создания миниатюрных функциональных сенсорно-актюаторных элементов; 2) интегрирование элементов и микрофлюидной системы, систем загрузки и связи; 3) корпусирование.

Целью данной работы является создание функционального элемента ЛНЧ для позиционирования объектов анализа, например, частиц, несущих информацию, таких как ювенильные колонии микроорганизмов в экспресс-микробиологическом анализе. Представляется интересным использование акустической актюации, поскольку этот подход является бесконтактным, гибким и позволяет осуществлять многообразие конструкций и функций

В данной работе рассматривается электро-акустический актюатор радиочастотного диапазона, представляющий собой гибридное устройство, выполненное на основе подложки из пьезоэлектрического материала со встречно-штыревыми преобразователями, интегрированное в микрофлюидную систему. В основе функционирования такого элемента заложены принципы акустической активации среды с помощью поверхностных акустических волн (ПАВ).

Представлен метод расчета и конструирования микроприбора.

Эксперименты показали соответствие теоретическим расчетам электроакустической актюаторной системы на основе кристалла ниобата лития $128^\circ \text{YX LiNbO}_3$.

Приводятся данные его испытания. Показано влияние амплитуды акустических волн на производительность системы, а также потенциальная возможность создания приборов с достаточной производительностью (не ниже 0,5 мл/мин) для применения в медицинской практике.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА ОРТОДОНТА

В.А. Литвиненко

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассмотрены основные особенности применения систем поддержки принятия решений в медицине, рассмотрены их основные группы и функциональное назначение, обоснована необходимость создания такой системы в стоматологии для врача ортодонта.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, врач ортодонт, база данных, база знаний, 3D модели, компьютерная томограмма.

Различные информационные системы в учреждениях здравоохранения самого разного уровня на данный момент имеют большую распространенность. Сейчас уже никого не удивить электронными медицинскими карточками, online записью на прием к любому специалисту даже из другого города, передачей данных анализов пациента от одного специалиста к другому не только по локальной сети медицинского учреждения, но и через интернет.

Еще одним перспективным направлением внедрения информационных систем в медицинскую сферу является разработка различных интеллектуальных систем поддержки принятия решений медицинского специалиста. Проектирование, создание и внедрение в медицинскую практику такого вида информационных систем должно решить важную задачу по минимизации числа врачебных ошибок, а также повысить качество медицинской помощи.

В общем случае системы поддержки принятия решений (СППР) представляют собой комплекс программных инструментальных средств, которые дают возможность анализировать определенные данные, строить по ним прогнозы и модели, отражающие возможные принятые решения.

Говоря о медицинских СППР, следует учесть, что существующие СППР врача включают в себя специализированные медицинские базы данных и базы знаний, информационно-поисковые системы, системы обработки медицинских сигналов и изображений и много другое.

Существует множество различных классификаций медицинских СППР, но чаще всего они делятся на [1]:

- консультирующие СППР, активно используемые в клинической практике. Данный вид систем выполняет роль ассистента врача.
- обучающие СППР, целью которых является повышение квалификации медицинских работников.
- исследовательские СППР, предназначенные для проведения анализа и оценки ситуации.

Функции медицинских СППР разнообразны. Но обычно выделяют следующие основные функции [2]:

- 1) дифференциальная диагностика и выбор лечения;
- 2) подготовка решений вне зависимости от выраженности клинических проявлений болезни, что предполагает диагностику при ранних формах заболеваний и нечеткой клинической картине;
- 3) учет сопутствующих заболеваний пациента, что особенно важно при подборе лечения;
- 4) анализ динамики патологического процесса с прогнозом потенциально возможных неблагоприятных ситуаций (при учете проводимой терапии, включая и побочные эффекты медикаментов);
- 5) оценка состояния в режиме «реального» времени, что может быть достигнуто при актуализации за счет информации, поступающей с приборных комплексов и персональных систем.

Однако, наиболее распространенной областью применения медицинских СППР является хирургия [3].

Стоматология наряду с другими медицинскими сферами активно внедряет в свою практику разнообразные информационные системы и комплексы, особенно для диагностических целей. Активно используются цифровые визиографы для получения прицельных снимков и аппараты для создания снимков всего зубного ряда по технологии компьютерной томографии, позволяющие создавать трехмерные изображения челюсти, которые дают возможность специалистам более детально проанализировать состояние зубов и костной ткани. Данные исследования наиболее необходимы при протезировании и имплантации зубов, а также при ортодонтическом лечении, в рамках которого осуществляется

сложный процесс перемещения зубов в костной ткани, требующий тщательного и детального наблюдения со стороны врача ортодонта.

В области детской стоматологии имеется подобного рода система [4], однако, это не единственная область стоматологии, где есть необходимость применения СППР. Такие системы нужны в работе врачей ортодентов. Таким образом, разработка СППР для целей ортодонтического лечения в стоматологии является актуальной по ряду следующих причин:

- необходимость повышения точности медицинских расчетов, необходимых для диагностики;
- необходимость предсказания возможных рисков ортодонтического лечения;
- необходимость автоматизации диагностических и расчетных процедур.

Так как источником необходимой клинической информации для создаваемой системы являются медицинские изображения, в частности снимки компьютерной томографии челюсти. Снимки являются более информативными, поскольку для их обработки можно использовать не только стандартные методы обработки изображений, но и создавать, с использованием специализированных программ, 3D модели интересующих исследователя областей. Примером такой программы служит программа Mimics, отличающаяся простым интерфейсом и достаточно мощным инструментарием.

Также для СППР необходимо создать медицинскую базу данных (БД), в которой будет храниться информация о пациенте и враче, а также специализированные медицинские данные.

Таким образом, разрабатываемая СППР врача ортодонта должна представлять собой специализированную программу, совмещающую в себе основные функции систем по обработке изображений, воспроизведение необходимых диагностических вычислений в автоматизированном режиме, позволять использовать трехмерные модели челюсти, предоставлять информацию о пациенте, и самое главное прогнозировать исход или возможный риск ортодонтического лечения как в целом, так и для конкретной интересующей врача области.

Разрабатываемая СППР врача ортодонта находится в стадии разработки. В итоге система позволит осуществлять:

- регистрацию и хранение данных о пациенте и результатах томографических исследований челюсти;
- автоматический расчет необходимых параметров;
- прогнозирование возможных патологий ортодонтического лечения;
- информационную поддержку врача ортодонта.

Список литературы

1. Кобринский Б.А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении, «Врач и информационные технологии» №2, 2010. С.39-45.
2. Ефименко Е.В., Хорошевский В.Ф. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в медицине: ретроспективный обзор состояния исследований и разработок и перспективы. Мат-лы междунауч.-практ. Конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», Минск, 2017. С.251-260.
3. Литвин А.А., Литвин В.А. Системы поддержки принятия решений в хирургии, «Новости хирургии», Т.22, №1, 2014. С.96-100.
4. Гонтарев С.Н., Яковлев А.П., Шульга Л.В., Иванов В.А. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога, «Врач и информационные технологии», № 3, 2013. С.64-70.

БЕСПРОВОДНОЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТОТЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Е.К. ЛЯХОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Частота дыхательных движений (ЧДД) – чрезвычайно важный интегральный показатель, отражающий качество регуляторной функции организма. В данной статье дано подробное описание этого параметра, приведены основные способы его измерения. Приведена блок-схема беспроводного устройства для измерения ЧДД на основе биоимпедансометрии, также измерение ЧДД проведено с использованием датчика экскурсии грудной клетки. Для реализации макета устройства использовалась специализированная микросхема ADS1292R.

Ключевые слова: частота дыхательных движений, биоимпедансометрия, плетизмография

В физиологии термином дыхание обозначен процесс вентиляции легких и газообмен, сопровождающийся поглощением кислорода O_2 , выделением углекислого газа CO_2 и метаболической воды (анаэробное дыхание). Периодическое обновление воздуха в легких позволяет организму поддерживать дыхательный гомеостаз – состояние, характеризующееся оптимальным для жизнедеятельности относительным постоянством газового состава крови и тканей. Постоянно меняющиеся режимы деятельности организма, связанные с изменениями потребления O_2 и выделения CO_2 (мышечная деятельность, эмоциональные реакции, состав атмосферного воздуха) могут влиять на дыхательный гомеостаз. Несмотря на всевозможные возмущающие факторы, изменяющие дыхательный гомеостаз, организм способен при различных условиях существования поддерживать их оптимум в крови и тканях [1].

Частота дыхательных движений (ЧДД) является одним из важнейших показателей дыхания. Многие респираторные заболевания, такие как хроническая обструктивная болезнь легких, астма и синдром апноэ сна можно выявить благодаря анализу ЧДД. Кроме того, в настоящее время актуальной является проблема объективного и оперативного контроля жизненно важных физиологических показателей, к которым также относится ЧДД, у профессиональных спортсменов во время тренировок и соревнований.

Частота дыхательных движений — число дыхательных движений (циклов вдох-выдох) за единицу времени. Подсчет числа дыхательных движений осуществляется по числу перемещений грудной клетки и передней брюшной стенки. Нормальный ритм дыхания может меняться, в отношении количества и глубины дыхательных движений, под влиянием химических изменений в крови. Центр дыхания, как известно, чувствителен к изменениям кислотно-щелочного равновесия. Повышение концентрации водородных ионов в крови сильно раздражает дыхательный центр, усиливая его деятельность. В таких случаях увеличивается главным образом глубина дыхания. Частота дыхательных движений у здоровых взрослых лиц в состоянии покоя колеблется от 10 до 24 дыхательных циклов в минуту (обычно 16-20 дыхательных циклов), у новорожденных 44-58 дыхательных циклов в минуту, а у детей старшего возраста в состоянии покоя от 20 до 26 дыхательных движений. На частоту дыхания оказывает влияние много физиологических факторов, как например температура и положение тела, сон, прием пищи и эмоции [2].

Для регистрации ЧДД существует достаточно большое количество методов, среди основных можно выделить спирометрию, ультразвуковые исследования, реопневмография. Реография – это метод исследования общего и регионарного кровообращения, осно-

ванный на графической регистрации изменений электрического сопротивления тканей, возникающих при прохождении по ним пульсовой волны. Дыхательный акт оказывает влияние на величину сопротивления тканей и органов главным образом путем изменения кровенаполнения вен. Во время вдоха кровь притекает в грудную полость, к сердцу; венозной крови на периферии остается меньше, и сопротивление тканей и органов возрастает. При выдохе венозная кровь накапливается в периферических венах, и соответственно сопротивление на периферии уменьшается. Графическая регистрация пульсовых и дыхательных колебаний сопротивления тела служит основной физической предпосылкой метода реографии. Частота дыхательных движений и их длительность определяется количеством пиков и расстоянием между ними. [3].

Реограф состоит из следующих основных элементов (рис. 1): генератора высокой частоты, преобразователя «импеданс-напряжение», детектора, усилителя, фильтра, калибровочного устройства, дифференцирующей цепочки, регистратора.

- 1) Генератор тока высокой частоты необходим для того, чтобы пропустить ток через биологический объект.
- 2) Гальваническая развязка необходима для предотвращения поражения человека электрическим током.
- 3) БИИП преобразует измеряемое сопротивление в эквивалентное ему напряжение.
- 4) Электрические сигналы, имеющие биологическую природу, очень малы, поэтому для дальнейшей обработки информации необходимо усилить сигнал, снятый с БО. Для этого используется дополнительный усилительный каскад.
- 5) Детектор разделяет положительные и отрицательные полуволны сигнала.
- 6) ФНЧ и ФВЧ необходимы для выделения полосы частот, информативных для реографии.
- 7) Масштабирующий усилитель необходим для согласования амплитуды сигнала с диапазоном преобразования АЦП микроконтроллера.
- 8) Для записи, обработки результатов и передачи их в персональный компьютер (ПК) необходимо использовать микроконтроллер. В процессе обработки сигнала участвуют различные компоненты микроконтроллера - АЦП, порты ввода-вывода, регистры, арифметико-логическое устройство, порт сопряжения с персональным компьютером и др.
- 9) Беспроводной интерфейс для сопряжения устройства с ПК.
- 10) Аналоговый регистратор предназначен для записи информации в виде, удобном для исследователя.



Рис. 1. Обобщенная блок-схема реографа

Для реализации канала реопневмограммы в работе была использована специализированная микросхема медицинского назначения ADS1292R (рис. 2), содержащая встроенный реографический канал, который обеспечивает измерение импеданса дыхания с разрешением до 20 МОм, что позволяет отслеживать изменение ЧДД. При отладке разработанного модуля регистрация сигналов производилась как с электродов, закрепленных на груди испытуемого, так и с его рук. Реопневмограмма, полученная с рук пользователя, является крайне зашумленной при низкой амплитуде полезного сигнала, тем не менее, после соответствующей цифровой фильтрации можно оценить основные параметры дыхания (рис.3).

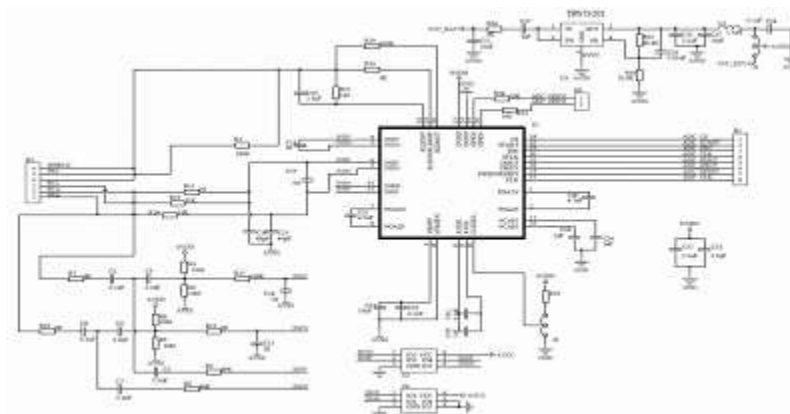


Рис. 2. Схема аналогового входного интерфейса ADS1292R

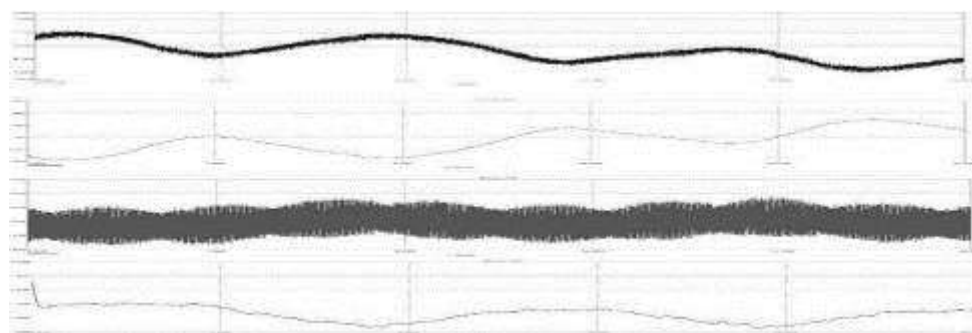


Рис. 3. Реопневмограмма, полученная с груди (верхнее изображение) и рук пользователя (нижнее изображение) с помощью микросхемы ADS1292R (до и после цифровой фильтрации)

Для реализации дублирующего канала регистрации ЧДД был использован готовый датчик экскурсии грудной клетки и брюшной полости ДЭ-1 производства компании ООО «Нейрософт». Датчик предназначен для регистрации колебаний грудной клетки и брюшной полости с целью исследования нарушений дыхания. Принцип действия датчика основан на явлении пьезоэлектрического эффекта (преобразования механических колебаний в электрический сигнал). Основные технические характеристики датчика:

- Полоса пропускания: 0.05–5 Гц
- Чувствительность: 5 мкВ/мм
- Выходное сопротивление: 10 МОм
- Габаритные размеры: 25×30×6 мм
- Длина соединительного кабеля: 2 м

Схема модуля для регистрации ЧДД с помощью пьезоэлектрического датчика представлена на рис. 4: U1 – инструментальный усилитель INA333. INA333 – маломощный

усилитель, обеспечивающий высокую точность измерения, позволяющий установить необходимый коэффициент усиления при помощи всего одного резистора. Схема обеспечивает очень низкое напряжение смещения (25 мкВ, $G \geq 100$), дрейф сдвигового напряжения 0,1 мкВ / °C ($G \geq 100$) и низкое энергопотребление. Коэффициент усиления устанавливается резистором R6, затем сигнал от измерительного усилителя проходит через полосовой фильтр на двойном операционном усилителе AD8502, который представляет собой маломощный прецизионный усилитель с максимальным током питания в 1 мкА. AD8502 имеет максимальное напряжение смещения 3 мВ и входной ток смещения 1 пА. Благодаря низкому энергопотреблению, малым значениям входного тока смещения и полному диапазону напряжений как на входе, так и на выходе, AD8502 хорошо подходит для портативных приложений с батарейным питанием. На рисунке 4 показана амплитудно-частотная характеристика разработанного полосового фильтра.

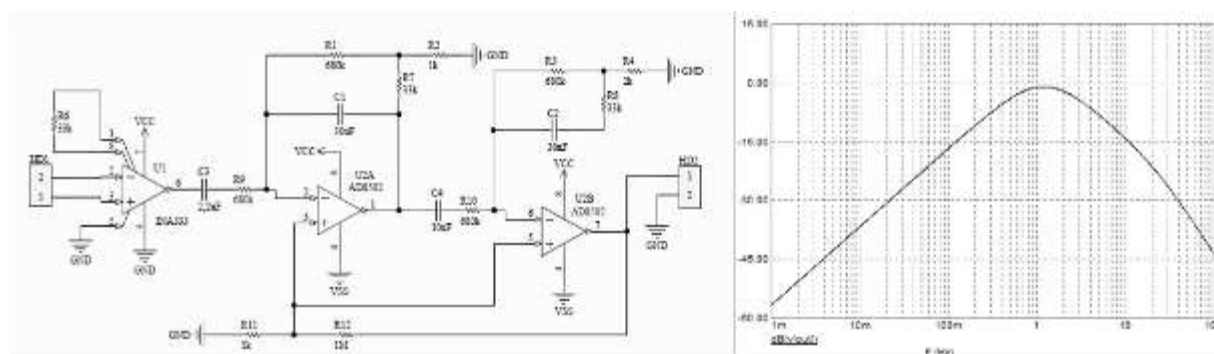


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема канала регистрации ЧДД на базе пьезоэлектрического датчика, амплитудно-частотная характеристика разработанного полосового фильтра

Таким, образом, на первом этапе исследования был разработан модуль регистрации частоты дыхания с использованием двух методов: реографии и на основе пьезоэлектрического датчика. Качество сигналов, полученных с помощью модуля, после соответствующей фильтрации удовлетворяет первоначальным требованиям к разработке. Дальнейшие исследования помогут улучшить характеристики устройства и получить готовый модуль, включающий в себя дополнительный канал для регистрации частоты дыхания посредством индуктивного плетизмографического датчика с последующей обработкой и выводом сигналов с помощью разработанного в среде MatLab программного обеспечения. Разрабатываемый модуль может быть полезен для непрерывного мониторинга состояния дыхательной системы во время диагностики различных заболеваний легких и оценки эффективности лечения. Кроме того, устройство можно использовать в спортивной медицине для контроля состояния спортсменов во время тренировок.

Список литературы

1. Губина М. И. Физиология дыхания: учеб. пособие.— Иркутск.: ИГМУ, 2009.— 5 с.
2. Йонаш В. Клиническая кардиология учеб. пособие.— Прага.: Гос. изд-во мед. лит., 1966.— 137 с.
3. Шарапов С.В. Функциональная диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы: учеб. пособие.— Оренбург.: ОрГМУ, 2008.— 30 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОСХЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

А.Д. СУТЯГИНА, Е.К. ЛЯХОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Работа содержит сведения о применении специализированных микросхем аналоговых интерфейсов медицинского назначения в носимых устройствах, используемых для мониторинга и оценки физиологических параметров человека с целью своевременной диагностики опасных заболеваний системы кровообращения и органов дыхания.

Ключевые слова: носимые устройства, специализированные микросхемы

На сегодняшний день ведущими причинами смерти во всем мире по данным ВОЗ выступают сердечно-сосудистые (артериальная гипертензия, аритмия и др.) и респираторные (синдром апноэ, бронхиальная астма) заболевания, а также связанные с ними осложнения (инсульт, инфаркт и пр.) [1]. Поэтому, с целью предотвращения возникновения опасных для жизни состояний необходимо проведение своевременной диагностики, включающей в себя оценку таких важнейших физиологических показателей, как частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма (ВСР), частота дыхательных движений (ЧДД), скорость распространения пульсовой волны (ПВ). Зачастую исследование этих показателей проводится в амбулаторных условиях, но в последнее время все больше возрастает диагностическая ценность домашнего мониторинга [2], который может быть реализован с помощью индивидуальных носимых устройств функциональной диагностики. При этом, основными требованиями, предъявляемыми к таким устройствам при проектировании, являются безопасность, портативность, высокая степень автономности. Важную роль играют также энергопотребление, функциональность и конечная стоимость устройства. Принимая во внимание необходимость учета всех требований, и с целью обеспечения приемлемых метрологических характеристик рекомендуется применение готовых специализированных микросхем аналоговых интерфейсов (Analog Front End, AFE) медицинского назначения, позволяющие благодаря своей интегрированности снизить число используемых при разработке дискретных компонентов, а, следовательно, уменьшить размеры устройства, количество потребляемой энергии и обеспечить относительно невысокую стоимость. Такие свойства достигаются за счет пониженного качества регистрируемых сигналов, что для целей длительного мониторинга и отслеживания динамики основных физиологических показателей не является критичным.

AFE обладают не только необходимыми техническими характеристиками для осуществления регистрации биологических сигналов, но и являются полностью интегрированными, т.е. включают в себя дополнительные аппаратные средства, которые позволяют производить различные виды обработки получаемых сигналов, усиление, дискретизацию и настройку режимов работы устройства. Преимущество такой структуры заключается в том, что пропадает необходимость отдельной разработки внешних схем компараторов или АЦП для преобразования аналоговых сигналов в цифровой код, так как все эти функции уже встроены в микросхему. В сравнительной таблице 1 показаны

существующие готовые микросхемы для регистрации и первичной обработки сигнала ЭКГ и их основные характеристики.

Таблица 1.

Сравнительный анализ микросхем для регистрации ЭКГ

Модель микросхемы	ADS1292R	ADAS1000-1	MAX30003	AD8232
Производитель	Texas Instruments	Analog Devices	Maxim Integrated	Analog Devices
Рабочее напряжение, В	1,7–3,5	3,15–5,5	1,1–2	2–3,5
Собственное потребление, мкА	50	50–150	0,5 в выключенном режиме	170
Количество каналов	2	5	1	1
Интерфейс	SPI	I2C	SPI	SPI
Тип выхода	Аналоговый	Цифровой	Аналоговый	Аналоговый
Разрядность АЦП, бит	24	20	16	24
Средняя стоимость, руб.	640,8	539,4	270	183,6

В целом, структура для всех интегрированных схем для регистрации сигнала ЭКГ является общей, отличие лишь в отдельных функциональных блоках (зависит от производителя) (рис. 1).

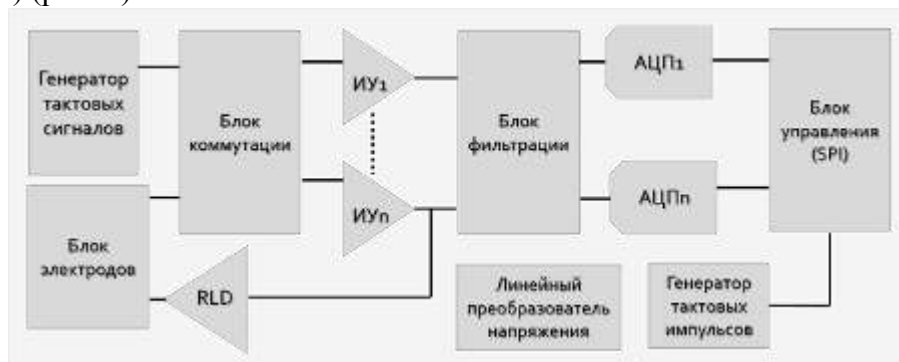


Рис. 1. Упрощенная структурная схема интегрированного канала регистрации ЭКГ сигнала

В данной работе для получения сигнала электрокардиограммы (ЭКГ) и оценки ВСР использовалась микросхема AD8232 фирмы Analog Devices, представляющая собой аналоговое решение со встроенным инструментальным усилителем и полосовым фильтром, конфигурируемым внешними пассивными компонентами, с помощью которого задается узкая амплитудно-частотная характеристика канала (8-24 Гц), соответствующая частотному диапазону R-зубцов, что облегчает их выделение при дальнейшей цифровой обработке, особенно при присутствии высокого уровня шума во входном сигнале из-за двигательной активности (что особо характерно для носимых устройств). С помощью данной микросхемы получена полноценная электрокардиограмма (рис. 2).

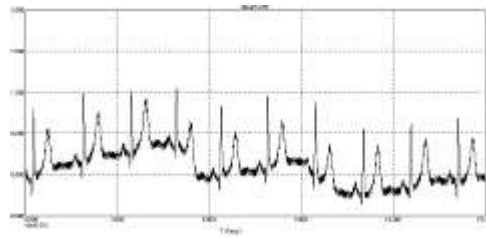


Рис. 2. Сигнал ЭКГ, полученный с помощью микросхемы AD8232

Канал регистрации сигнала ПВ является базовым для большинства носимых устройств, поэтому требуется возможность изменения режимов работы, высокая степень интеграции, минимальное энергопотребление, а значит, использование схем на дискретных электронных компонентах нерационально. Существующие интегрированные решения имеют схожую между собой структуру (рис. 3) и включают в себя все необходимые функциональные блоки.

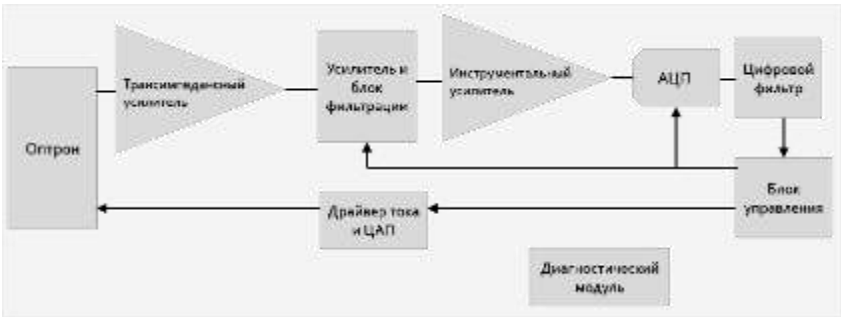


Рис. 3. Упрощенная структурная схема интегрированного канала регистрации сигнала ПВ

Таблица 2.

Сравнительный анализ микросхем для регистрации ПВ

Модель микросхемы	AFE4490	ADPD103	MAX30102	SI1153
Производитель	Texas Instruments	Analog Devices	Maxim Integrated	Silicon Labs
Рабочее напряжение, В	от 2 до 3,6	1,7–1,9	1,8	1,62–3,6
Собственное потребление, мкА	100	8	–	9
Разрядность АЦП	22	14	18	23
Интерфейс	SPI	I2C	I2C	I2C
Средняя стоимость, руб.	470	332,4	247,8	250

Для получения сигнала ПВ (рис. 4) применялась интегрированная микросхема ADPD103, включающая измерительный модуль, состоящий из сдвоенного светодиода и фотодиода с широким спектральным диапазоном, схемы обработки сигнала и сигма-дельта АЦП. Имеющийся интегрированный драйвер светодиодов позволяет проводить гибкую настройку режимов работы светодиодов и частоты дискретизации сигнала ПВ, что обеспечивает наиболее эффективное энергопотребление (отдельно программируется

время работы каждого из светодиодов, время паузы между рабочими режимами, независимая регулировка тока красного и инфракрасного светодиодов).

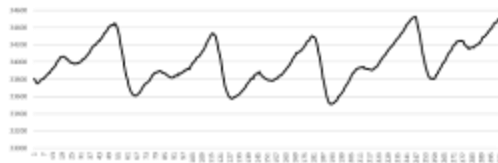


Рис. 4. Сигнал пульсовой волны, полученный с помощью микросхемы MAX30100

Также на базе микросхемы ADS1292R фирмы Texas Instruments была реализована регистрация сигнала реопневмограммы для получения значений ЧДД, на входе которой имеется блок программируемых усилителей (PGA-матрица), блок предварительной фильтрации высокочастотных помех и сигма-дельта АЦП высокого разрешения (до 24 бит). Данная микросхема позволяет максимально сократить энергопотребление благодаря наличию возможности перехода в спящий режим (потребление не превышает 20 мкВт). Также за счет функции настройки частоты дискретизации и режима работы для каждого из каналов в отдельности возможна реализация интеллектуальных алгоритмов управления каналом регистрации ЭКГ в режиме реального времени, а встроенный реографический канал позволяет производить измерение дыхательного импеданса (до 20 мОм разрешения) и следить за ЧДД (рис. 5).

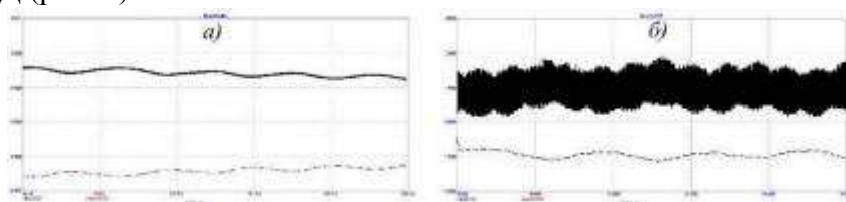


Рис.5. Реопневмограмма, полученная с помощью микросхемы ADS1292R с груди (а) и пальцев (б) пользователя. Сплошная линия – исходный сигнал, пунктирная – сигнал после фильтрации

Итак, использование специализированных микросхем аналоговых интерфейсов при разработке носимых устройств функциональной диагностики является более целесообразным, чем разработка схем на дискретных компонентах, поскольку делает возможным соблюдение основных требований к приборам данного типа (энергосбережение, небольшие размеры, низкая стоимость, безопасность), не снижая при этом функциональности за счет интегрированности. Качество сигналов, полученных с использованием описанных интегрированных решений является невысоким в силу низкой мощности датчиков в составе микросхем, но достаточным для анализа и выявления степени их соответствия норме для целей самостоятельного домашнего мониторинга, который способствует своевременной постановке диагноза.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. 10 ведущих причин смерти в мире [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru/>
2. Козловский В. И., Симанович А. В. Метод длительного самостоятельного контроля артериального давления. Фокус на повышение эффективности лечения //Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 15. – №. 1.
3. AD8232. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8232.pdf>
4. ADS1292R. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1292.pdf>
5. ADPD103. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADPD103.pdf>

ОПТИМИЗАЦИЯ ИМПУЛЬСНЫХ РЧ-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КОНТРАСТА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ю.В. БОГАЧЕВ, А.В. НИКИТИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрено влияние параметров импульсных последовательностей на контраст магнитно-резонансных изображений.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография (МРТ), РЧ-последовательности, контраст.

Для улучшения диагностических возможностей метода МРТ необходимо повышать информативность получаемых МР-изображений. Изменением контраста томограмм можно добиться необходимой четкости. Существует множество различных методов управления контрастом МР-изображений, поэтому актуальным является исследование этих методов. В данной работе рассматриваются вопросы оптимизации параметров импульсных РЧ-последовательностей для усиления контраста МР-изображений.

Импульсные последовательности

В МРТ для возбуждения атомных ядер, находящихся в постоянном магнитном поле, на них воздействуют радиочастотными (РЧ) импульсами. При этом 90° -импульс отклоняет макроскопическую намагниченность от направления внешнего магнитного поля на 90° , а 180° -импульс на 180° соответственно. После импульсного воздействия спины возвращаются к равновесному состоянию, излучая эхо-сигнал. Для получения эхо-сигнала используют различные последовательности этих импульсов. В работе рассматривались такие последовательности как: спин-эхо, инверсия-восстановление и градиентные последовательности.

Последовательность спин-эхо

Спиновая система возбуждается 90° импульсом, вследствие чего происходит расфазировка спинов. Через время задержки система подвергается воздействию 180° импульса. Это приводит к рефазировке спинов, при этом совпадение фаз происходит через время эхо TE (Рис. 1).

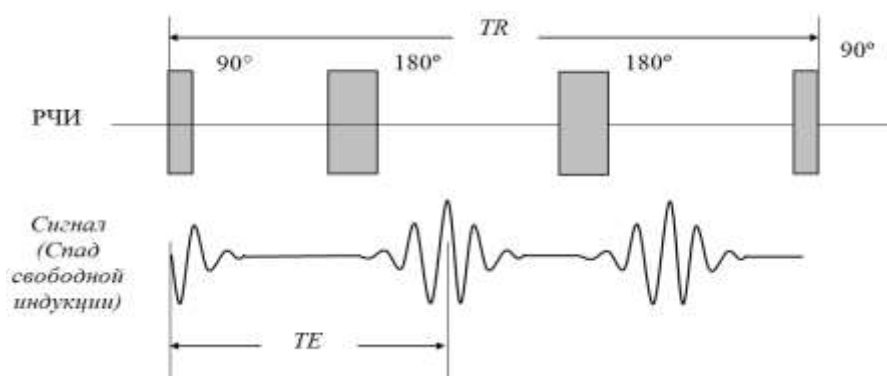


Рис. 1 Импульсная последовательность спин-эхо

В программе MR Image Expert были проведены исследования влияния параметров TR и TE последовательности спин-эхо на контраст МР – изображения. (Данная программа симулирует реальную МРТ. Все изображения в ней основаны на реальных томограммах).

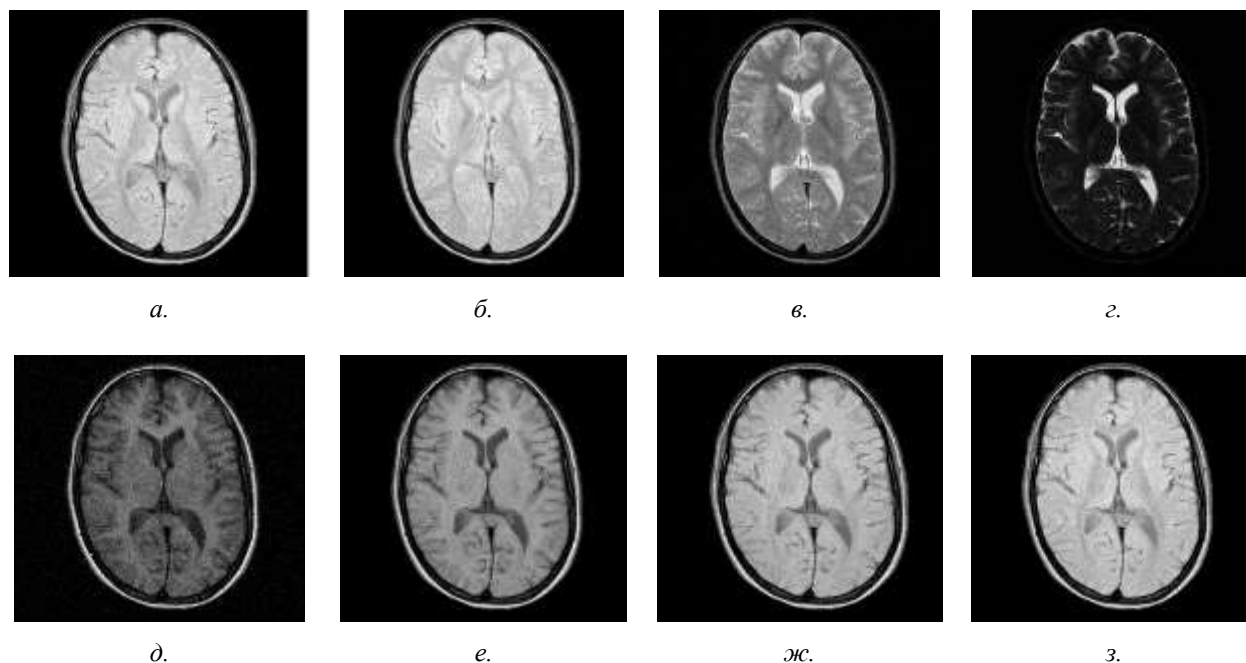


Рис. 2 МР – изображения головного мозга для последовательности спин-эхо в поле 1.5 Тл. 1) При TR=2000 мс и при различных временах эхо: а. TE=25мс, б. TE=50мс, в. TE=100мс, г. TE=250 мс. 2) При TE=25мс и при различных временах повторения: д. TR=100 мс, е. TR=700 мс, ж. TR=1300 мс, з. TR=1700мс.

На рис. 2 видно, что при увеличении времени эхо TE интенсивность сигнала уменьшается, а при увеличении TR - увеличивается. При TE стремящемся к 50 мс значения интенсивностей для белого, серого вещества и СМЖ близки, что приводит к тому, что на МР-изображениях эти вещества становятся плохо различимы.

Импульсная последовательность инверсия – восстановление (IR)

Воздействие 180° импульса инвертирует намагниченность. Она начинает восстанавливаться. Через время инверсии TI происходит воздействие 90° импульса. Далее регистрируют сигнал – спад свободной индукции. (рис. 3)

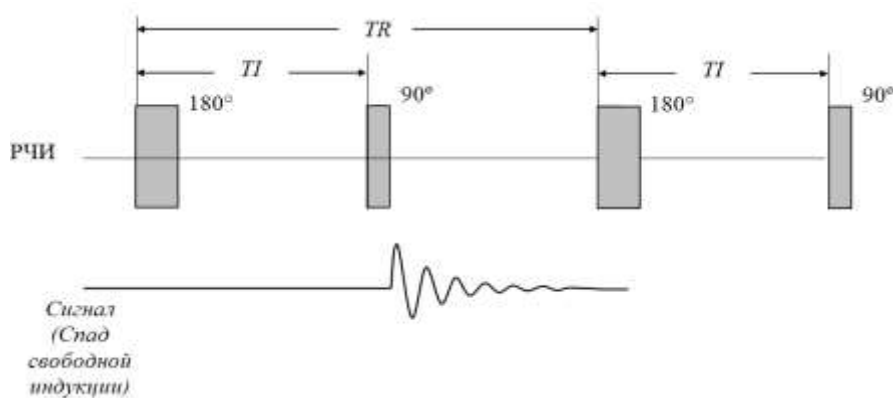


Рис. 3 Импульсная последовательность инверсия-восстановление

Для данной последовательности так же были получены МР-изображения для различных времен инверсии (рис. 4).

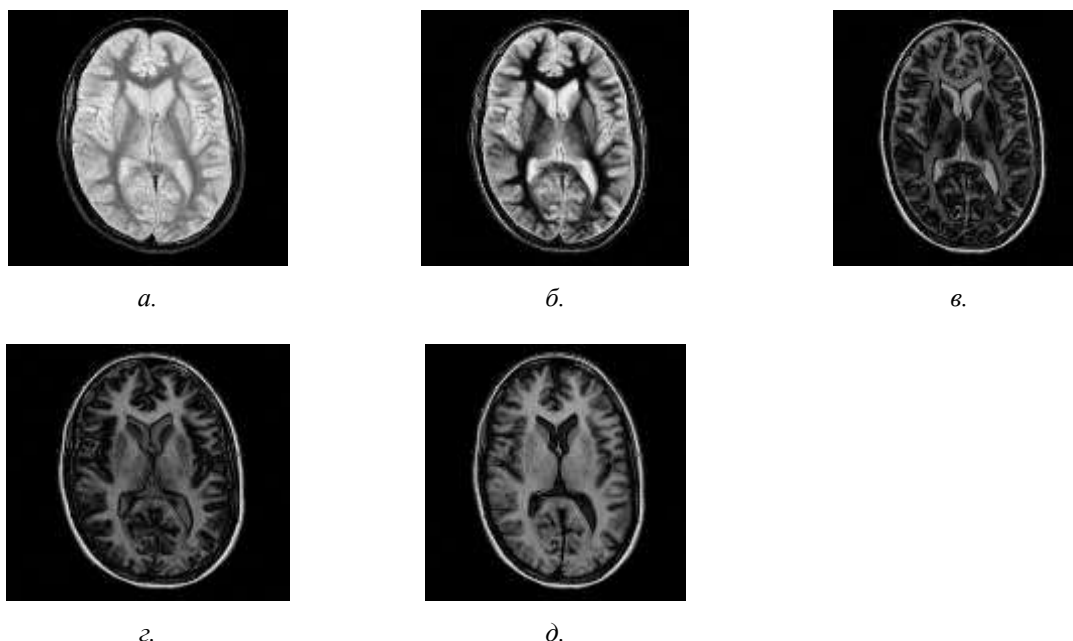


Рис.4 МР – изображения головного мозга для последовательности инверсия – восстановление при различных временах инверсии: а. $TI=200$ мс, б. $TI=400$ мс, в. $TI=600$ мс, г. $TI=800$ мс, д. $TI=1000$ мс. ($TR=4000$ мс)

По МР-изображениям на рис. 4 видно, что наибольший контраст между белым и серым веществом достигается в интервале $TI = 400 - 600$ мс. При отклонениях от этих значений контраст уменьшался.

Градиентные последовательности

На равновесную спиновую систему воздействуют радиочастотным (РЧ) импульсом с углом отклонения α . Причем в градиентных последовательностях угол $\alpha \leq 90^\circ$. Эхо-сигнал получают с помощью градиентных магнитных полей. Рефазировка спинов после воздействия РЧ-импульса происходит за счет изменения полярности импульсов (рис. 5).

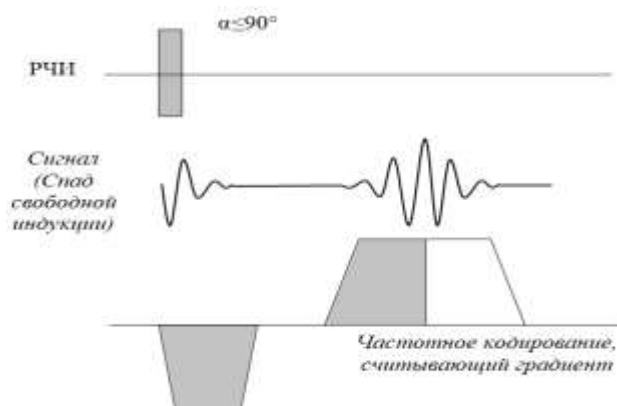


Рис. 5 Градиентная импульсная последовательность

Были проведены исследования влияния угла отклонения α градиентной последовательности на контраст МР – изображения (рис.6).

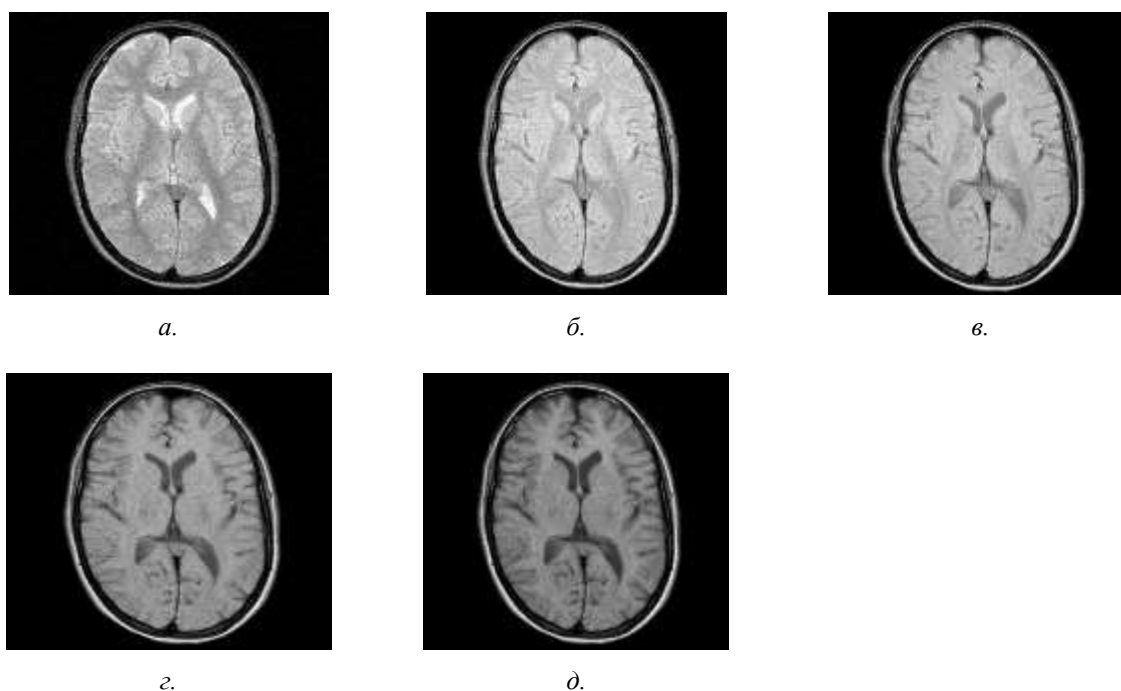


Рис. 6 МР – изображения головного мозга для градиентной последовательности при различных углах отклонения: а. $FA=10^\circ$, б. $FA=30^\circ$, в. $FA=40^\circ$, г. $FA=60^\circ$, д. $FA=80^\circ$. ($TR=400\text{мс}$, $TE=20\text{мс}$)

По полученным томограммам (рис. 6) видно, что большей интенсивности сигнала можно добиться при использовании углов отклонения 30° - 60° , но при этом хороший контраст достигается при углах отклонения близких к 90° .

Для всех исследованных импульсных РЧ-последовательностей были построены графики зависимостей интенсивности МР-сигнала от основных параметров РЧ-последовательностей для белого и серого вещества головного мозга, а также для спинномозговой жидкости (ликвора). В результате анализа этих графиков были определены наиболее оптимальные параметры импульсных РЧ-последовательностей с целью повышения контраста МР-изображений.

Заключение

В результате работы были исследованы методы изменения контраста МР-изображений. Проведен анализ влияния параметров импульсных РЧ-последовательностей на контраст изображений МРТ.

Список литературы

1. Ринкк П.А. Магнитный резонанс в медицине. Основной учебник Европейского форума по магнитному резонансу. Москва: ГЭОТАР МЕД, 2003. 247 с.
2. Ю.В.Богачев, М.Н.Князев., Я.Ю.Марченко Диагностический магнитный резонанс// Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2013.-212с.

РАЗРАБОТКА ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ

Е.Ю. ПАРИЛОВА

Новосибирский Государственный Технический Университет

Аннотация. Статья посвящена описанию конструктивных особенностей излучателя для лабораторных исследований, основной функцией которого является облучение микроорганизмов оптическим излучением.

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, фотосенсибилизатор, излучатель, оптическое излучение, антибактериальная терапия, лабораторное оборудование.

Широкое применение антибактериальных препаратов в повседневной клинической практике привело к возникновению резистентности патогенных микроорганизмов. Данная проблема является серьёзной и нерешенной в современной медицине. Попытки увеличения дозировки и использование новых лекарственных средств не решают её. Поэтому требуются альтернативные методы лечения инфекционных заболеваний [1]. В перспективе таким методом может стать фотодинамическая терапия (ФДТ).

Суть фотодинамической терапии заключается в том, что большинство биологических объектов (микробов, вирусов, воспалительных тканей и раковых клеток) накапливают особый вид веществ - фотосенсибилизаторов и удерживают их. Под действием света, спектр которого соответствует спектру поглощения используемого вещества, происходит фотохимическая реакция с выделением высокоактивных окислителей (синглетного кислорода и свободных радикалов), приводящих к разрушению сенсibilизированных клеток. Таким образом, механизм действия ФДТ – это совокупность трёх компонентов: фотосенсибилизатора, соответствующего ему оптического излучения видимого спектра и молекулярного кислорода. Потенциал использования ФДТ огромен, поэтому учёные многих стран занимаются разнообразными исследованиями в этой области. Фотодинамическую терапию применяют в дерматологии, онкологии, ортопедии, оториноларингологии, офтальмологии и как антибактериальную терапию[2].

Данный метод мало применяется в повседневной практике, т.к. только проходит стадию клинических испытаний в этом задействовано множество учёных. Основное направление это установление зависимости между фотосенсибилизатором, микроорганизмом, на который он может оказывать пагубное воздействие, и спектром поглощения вещества. Разрабатываемый излучатель будет служить для упрощения подобных экспериментов.

Целью данного проекта стала разработка и изготовление излучателя для лабораторных исследований фотосенсибилизаторов.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи: разработка структурной и принципиальной схемы устройства, разводка печатной платы и описание методики проведения эксперимента при помощи данного излучателя. Проведённую работу можно разделить на несколько этапов изготовления: печатной платы, монтаж компонентов печатной платы, сборка готового макета устройства.

Излучатель рассчитан на совместное использование с иммунологическим 96-луночным планшетом. Такой же планшет будет служить и корпусом. Облучатель состоит из 32 светодиодов: с длиной волны 660 нм, 610 нм, 470 нм, 395 нм по 8 шт. в каждом ряду, что позволяет определить, на какой длине волны фотосенсибилизатор наиболее

эффективен. Так же в конструкции присутствуют кнопки, что позволяет включать нужный для эксперимента ряд светодиодов.



Рис.1 Схематичная конструкция излучателя

Принципиальная схема излучателя представлена на рисунке 2. 4 ряда соединены между собой параллельным способом. Каждая ветвь содержит кнопку включения, токоограничивающее сопротивление и 8 светодиодов с одинаковой длиной волны. Светодиод D11-18 (660 нм) максимально способен пропустить через себя 30 (мА) и напряжение 2(В). Подаваемое напряжение на облучатель 12,6 (В). $R_1 = (12.6(V) - 2(V) * 4) / 0.03(A) = 154(Ом)$, поэтому в ряду с этими светодиодами стоит резистор, сопротивлением 170 (Ом). Таким же образом рассчитываем сопротивления для остальных ветвей, и получаем что $R_2 = 170(Ом)$, $R_3 = R_4 = 50(Ом)$. Сила света излучателя равна 160 Cd. Все детали находятся на макетной плате, спроектированной в среде DipTrace.

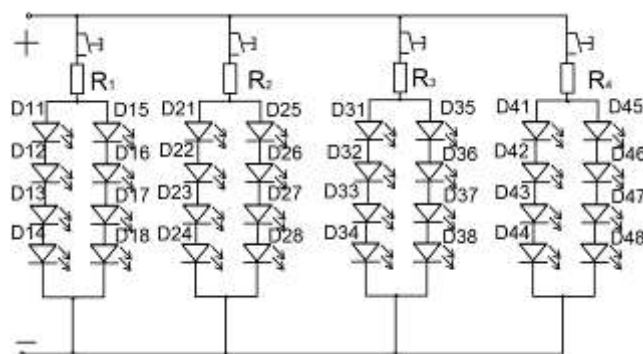


Рис.2 Принципиальная схема излучателя

Использование данного облучателя, собранного на светодиодах, позволяет более быстро и качественно оценивать эффективность фотосенсибилизатора и его воздействие на микроорганизмы, что существенно упрощает проведение опытов и исследований.

Список литературы

1. Странадко Е.Ф., Кулешов И.Ю., Караханов Г.И. Фотодинамическое воздействие на патогенные микроорганизмы (Современное состояние проблемы антимикробной фотодинамической терапии) // Лазерная медицина. 2010. Т. 14, вып. 2. С. 52-56.
2. Странадко Е.Ф. Гастродуоденальный геликобактериоз и ассоциированные с ним заболевания как объекты для фотодинамической терапии // Лазерная медицина. 2002. Т. 6. Вып. 1. С. 53–58.
3. L-7113sec datasheet [электронный ресурс] – Режим доступа: http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=18321
4. DipTrace. Руководство пользователя.

ПРИМЕНЕНИЕ CAS ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ХИРУРГА

М.С. Причислый

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье описывается возможность и необходимость применения CAS технологий для разработки системы поддержки принятия решений хирурга. Указаны ключевые сложности и проблемы, возникающие в практике хирурга. Представлено описание CAS технологий и области их применения в хирургии. Разработан алгоритм применения CAS технологий для планирования операций и разработки системы поддержки принятия решений хирурга.

Ключевые слова: CAS технологии, хирургическая 3D-визуализация, система поддержки принятия решений, планирование операции.

В настоящее время одной из важнейших задач разработки программного обеспечения медицинского назначения является всесторонняя помощь врачам в работе. Современные системы позволяют довольно подробно исследовать биомедицинские показатели человека, регистрируя, обрабатывая и визуализируя их. По полученным результатам врачами принимаются ответственные решения и предпринимаются действия в отношении пациента. Однако нередко возникает ряд факторов, осложняющих работу специалиста.

Проблема обеспечения компьютерной поддержки принятия решений в медицине является актуальной в связи с возрастающей информационной нагрузкой на врача [1]. Особенную остроту и актуальность эта проблема приобретает в случаях экстренного хирургического вмешательства. В хирургии при принятии медицинских решений характерны дефицит времени, высокая динамика течения заболеваний, высокая цена врачебной ошибки и др. [2]. Выявление очага заболевания, постановка диагноза, планирование и проведение операции должны проводиться максимально безошибочно и быстро. Именно поэтому главными требованиями к системам поддержки принятия решений (СППР) в медицине, а особенно в хирургии, являются достоверность и быстроедействие.

В диагностике хирургических заболеваний прежде всего стоит задача получения, обработки и анализа цифровых, а также выработка оптимальной стратегии лечения или хирургического вмешательства. Решением такой задачи является применение системы поддержки принятия решений хирурга с применением CAS-технологий (от англ. Computer Assisted Surgery).

CAS-технологии представляют собой хирургический подход, а также ряд методов, в которых компьютерные технологии используются для предоперационного планирования, навигации и выполнения хирургического вмешательства. CAS-системы также известны как компьютерная хирургия, компьютерное вмешательство, изображения управляемой хирургии и хирургической навигации [3]. В настоящее время CAS-технологии применяются в ортопедической (повреждения мышечной и костной системы – костей, связок, сухожилий, суставов), челюстно-лицевой и онкологической хирургии.

CAS-технологии включают в себя несколько методов, использующихся в медицинской практике. Системы управления хирургическими операциями по изображениям применяются для помощи хирургу при позиционировании хирургического инструмента во время операции. Задача такой системы заключается в визуализации на дисплейном устройстве области, в которой проводится операция, а также позиционирования инструмента относительно нее.

Актуальность применения этой методики заключается в значительной помощи хирургу во время операций различной сложности, во время которых специалисту сложно или даже невозможно наблюдать за перемещением инструмента и текущей картиной в области операции. Следовательно, такая система дает хирургу возможность значительно снизить риск поражения органов и тканей, окружающих область проведения операции.

К методам CAS-технологий относятся также 3D-визуализация и моделирование на основе медицинских изображений, виртуальное планирование операции и создание персонализированных имплантатов пациентов. Данные методы строятся на основе использования технологий компьютерной графики, а также систем автоматизированного проектирования CAD (англ. computer-aided design), расчетов, анализа и симуляции физических процессов CAE (англ. computer-aided engineering) и производства CAM (англ. computer-aided manufacturing) [3].

Алгоритм применения CAS-технологий при планировании операций и разработке СППР хирурга. Рассмотрим алгоритм с основными этапами реконструкции 3D-модели зоны интереса для дальнейшего ее использования с целью диагностики состояния пациента, планирования операции и разработки системы поддержки принятия решений хирурга. (рис. 1).

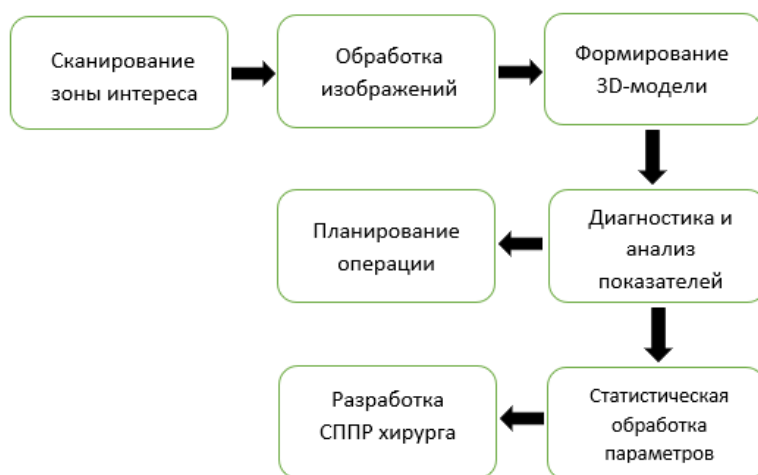


Рис. 1. Алгоритм применения CAS-технологий при планировании операций и разработке СППР хирурга

На первом этапе производится формирование большого набора 2D-снимков (срезов) зоны интереса пациента с разных ракурсов для оцифровки. Для реализации данного этапа могут применяться такие методы визуализации как компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, рентген, ультразвуковое исследование.

Второй этап предусматривает обработку изображений, полученных на первом этапе. Целью обработки является улучшение качества снимков, от чего напрямую зависит качество разрабатываемой 3D-модели.

Далее обработанные снимки проходят процедуру сегментации для формирования единой компьютерной 3D-модели.

На четвертом этапе происходит непосредственный анализ показателей полученной анатомической компьютерной 3D-модели. Специалист изучает геометрические размеры модели, расположение органов друг относительно друга, из чего он может сделать вывод об аномалиях или отклонениях от нормы в строении составных частей исследуемой зоны

интереса пациента. Измеренные геометрические параметры обрабатываются статистическими методами для построения математических моделей зоны интереса пациента, которые используются при разработке системы поддержки принятия решений хирурга.

После постановки диагноза модель импортируется в CAD-систему. Хирургу предоставляется возможность редактирования модели для планирования оптимального хода операции. При необходимости существует возможность разработать 3D-модель имплантата для замещения какого-либо органа пациента.

Заключение. Приведенный алгоритм используется для разработки систем поддержки принятия решений хирурга при лечении рака щитовидной железы. С помощью такого алгоритма возможно получить качественную 3D-модель щитовидной железы и на ее основе провести планирование хирургического вмешательства, что значительно может упростить задачу проведения оптимальной и качественной операции.

Список литературы

1. А.А. Литвин В.А.Л. Системы поддержки принятия решений в хирургии. // Новости хирургии, Т. 22, № 1, 2014. С. 96-100.
2. Е.Ф. С. Система принятий решений в медицине // Вестник новых медицинских технологий, 2006. С. 23-26.
3. Щаденко С.В. Г.А.С..А.А.Р.1.Т.И.В. 3D-Визуализация для планирования операций и выполнения // Бюллетень сибирской медицины, Т. 13, № 4, 2014. С. 165-171.

МОДИФИКАЦИЯ ХРИЗИНА КАЛЬЦИЕМ: КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

А.В. ПУЩИНА, Д.К. НУРКАДИРОВ, И.А. ПУСТОЛАЙКИНА, А.Ф. КУРМАНОВА, К.Ж. КУТЖАНОВА

Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан

Аннотация. *Ab initio* UHF методом в базисе 6-31G с помощью программного комплекса Gaussian-2009 выполнено квантово-химическое моделирование комплексов хризина с кальцием с соотношением лиганд-металл 2:1. Показана возможность образования двух типов комплекса. Выявлена большая термодинамическая стабильность и вероятность образования комплекса с хелатной структурой, в образовании которого участвуют гидроксильные группы хризина с внутримолекулярной водородной связью. Предложена идентификация данного типа комплекса по наличию в ИК-спектре частоты, соответствующей валентным колебаниям свободной ОН-группы.

Ключевые слова: *5,7-дигидроксифлавоон, хризин, кризин, кальций(II), Ca(II), комплекс хризина с кальцием, водородная связь, ИК-спектр, ab initio, UHF 6-31G*

Хризин ($C_{15}H_{10}O_4$; 5,7-дигидроксифлавоон) - растительный флавоноид, содержащийся в мёде, прополисе, получаемый чаще всего из растения *Passiflora caerulea*. Хризин используется спортсменами для улучшения физического состояния и восстановления гормонального баланса. Однако хризин практически нерастворим в воде, что обуславливает его малую биологическую доступность. В результате эффективность действия хризина на человеческий организм достигается лишь приемом больших дозировок [1-2]. Проблема растворимости и биологической доступности хризина может быть решена в результате его модификации ионами различных металлов [3-5]. Экспериментально был получен комплекс хризина с ионами $Ca(II)$ с соотношением лиганда к металлу 2:1. Однако структура полученного комплекса не была однозначно идентифицирована. Целью настоящего исследования ставилось квантово-химическое моделирование и идентификация комплексов хризина с ионами $Ca(II)$.

Возможность достоверного теоретического исследования структуры и свойств небольших по размеру органических молекул типа хризина предоставляют современные неэмпирические методы квантовой химии, реализованные в виде сервисных программных приложений. К их числу относится программный продукт Gaussian. В данной работе представлены результаты моделирования геометрической структуры и колебательных состояний мономера молекулы хризина и его комплексов с ионами кальция методом UHF в базе 6-31G с помощью программного комплекса Gaussian-2009 [6].

Молекула хризина (рис. 1) содержит две гидроксильных группы, протоны которых могут вступать в реакцию обмена с ионами кальция:

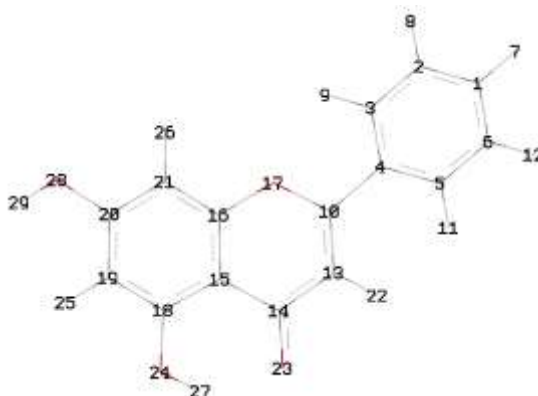
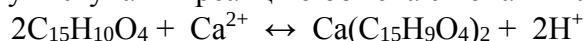


Рис. 1. Структура молекулы хризина

При этом одна из гидроксильных групп хризина характеризуется наличием внутримолекулярной водородной связи, а вторая OH-группа является свободной.

Представлялось интересным выполнить квантово-химический расчет с полной оптимизацией всех геометрических параметров молекулы хризина с целью оценки геометрических, энергетических, зарядовых и спектральных характеристик. Были выполнены неэмпирические расчеты методом UHF в базе 6-31G с помощью программного комплекса Gaussian-2009. Два стабильных вращательных (свободной OH-группы) изомера хризина было получено (рис. 2).

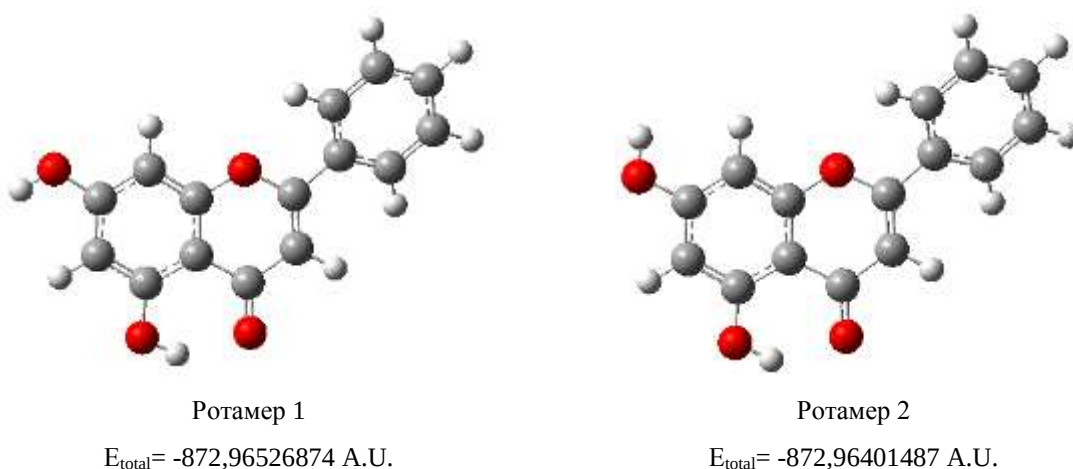


Рис. 2. Вращательные изомеры хризина

На основании сравнения полных энергий рассчитанных изомеров хризина была показана большая термодинамическая стабильность Ротамера 1. Поэтому все последующие расчеты выполнялись для данной геометрической конфигурации молекулы хризина. Методом UHF в базисе 6-31G был выполнен расчет ИК-спектра ротамера 1 молекулы хризина (рис. 3).

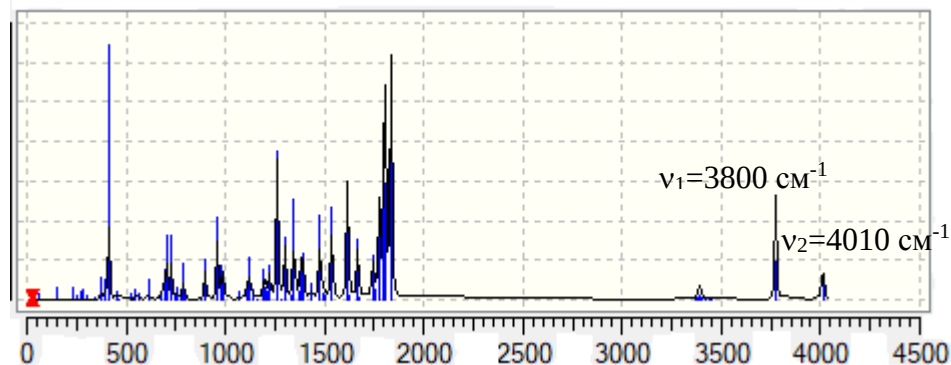


Рис. 3. Расчетный ИК-спектр хризина

Частоты $\nu_1=3774 \text{ cm}^{-1}$ и $\nu_2=4010 \text{ cm}^{-1}$ были идентифицированы соответственно как валентные колебания гидроксильных групп O24H27 (ОН-группа, связанная внутримолекулярной водородной связью) и O28H29 (свободная ОН-группа). Данные частоты могут быть в дальнейшем быть использованы для идентификации полученного комплекса хризина с кальцием.

С помощью программного комплекса Gaussian-2009 были выполнены неэмпирические расчеты двух возможных конфигураций комплекса хризина с ионами кальция методом UHF в базисе 6-31G (рис. 4).

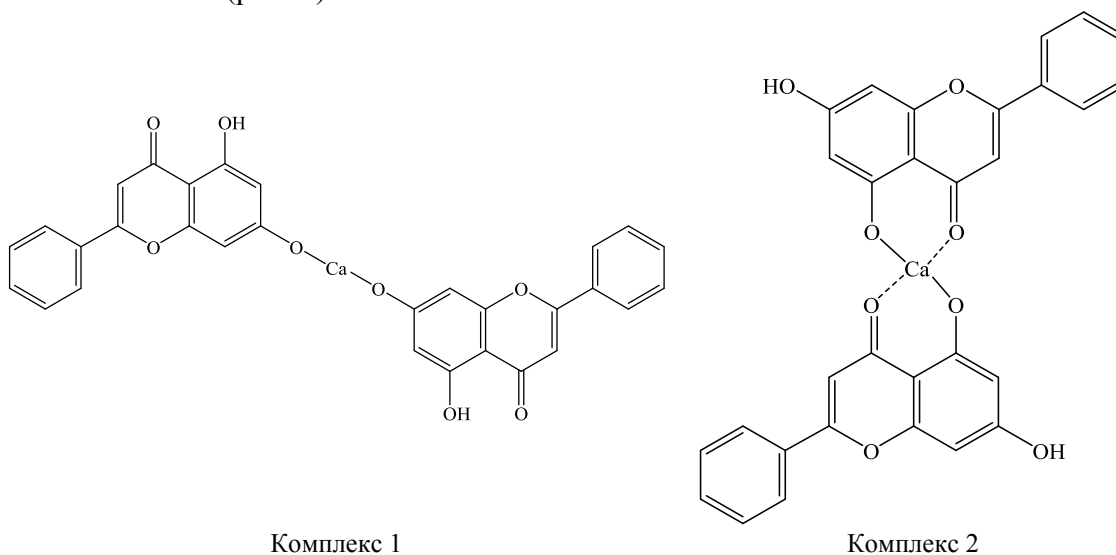


Рис. 4. Возможные структуры комплекса хризина с кальцием 2:1

Как видно из представленных на рисунке 4 структур, в образовании Комплекса 1 участвуют две свободных гидроксильных группы хризина. Его идентификация возможна по наличию в ИК-спектре комплекса частоты, соответствующей валентным колебаниям ОН-группы с внутримолекулярной водородной связью ($\nu_1=3774 \text{ cm}^{-1}$). Комплекс 2 характеризуется хелатной структурой. Его идентификация возможна по наличию в ИК-

спектре частоты, соответствующей валентным колебаниям свободной ОН-группы ($\nu_2=4010 \text{ см}^{-1}$).

Для сравнения стабильности комплексов 1 и 2 были квантово-химически были оценены такие их термодинамические характеристики, как: полная энергия ($E_{\text{полн.}}$), энтальпия ($H_{\text{полн.}}$), свободная энергия ($G_{\text{полн.}}$) и энтропия ($S_{\text{полн.}}$) (Таблица 1).

Таблица 1

Термодинамические характеристики комплексов хризина с кальцием

Структура	$E_{\text{полн.}}$, А.У.	$H_{\text{полн.}}$, А.У.	$G_{\text{полн.}}$, А.У.	$S_{\text{полн.}}$, Кал/Моль·К
Комплекс 1	-2421,619107	-2421,140189	-2421,242051	214,386
Комплекс 2	-2421,695641	-2421,219115	-2421,311715	194,893

Как видно из представленных в таблице 1 данных, Комплекс 2 характеризуется более низкими значениями всех четырех термодинамических параметров, что свидетельствует о его большей стабильности и большей вероятности его образования.

В целом на сновании выполненных неэмпирических квантово-химических расчетов была показана возможность образования двух структур комплекса хризина с кальцием с соотношением лиганд-металл 2:1. Сравнение расчетных термодинамических параметров данных комплексов выявило большую стабильность и вероятность образования Комплекса 2, имеющего хелатную структуру. Его идентификация возможна по наличию в ИК-спектре частоты, соответствующей валентным колебаниям свободной ОН-группы.

Список литературы

- 1, Walle T., Otake Y., Brubaker J.A., Walle U.K., Halushka P.V. Disposition and metabolism of the flavonoid chrysin in normal volunteers// British Journal of Clinical Pharmacology, 2001. - 51 (2). – P.143–146.
- 2, Nabavi S.F., Braid N., Habtemariam S., Orhan I.E., Daglia M., Manayi A., Gortzi O., Nabavi S.M. Neuroprotective effects of chrysin: From chemistry to medicine// Neurochemistry International, 2015. - 90. – P.224–231.
- 3, Zeinali M., Rezaee S.A., Hosseinzadeh H. An overview on immunoregulatory and anti-inflammatory properties of chrysin and flavonoids substances// Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017. – 92. - P.998–1009.
- 4, Samarghandian S., Farkhondeh T., Azimi-Nezhad M. Protective Effects of Chrysin Against Drugs and Toxic Agents// Publication of International Hormesis Society, 2017. - 15 (2). – P.187-192.
- 5, Cornard J.P., Merlin J.C. Structural and spectroscopic investigation of 5-hydroxyflavone and its complex with aluminium// Journal of Molecular Structure, 2001. – V.569, I.1-3. – P.129-138.
- 6, Frisch, M. J.; Trucks, G. W.; Schlegel, H. B. Gaussian 09, Revision C.01. – Wallingford: Gaussian, Inc., – 2009. – 245 p.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ПРИСТУПА

Д.А. САМОКВИТОВ, Р.Б. ИСАЕВ, Е.В. САДЫКОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье предлагается разработка прототипа портативного устройства для регистрации предвестников эпилептического приступа для повышения качества оказания медицинских услуг и оказания медицинской помощи больным эпилепсией.

Ключевые слова: эпилепсия, эпилептический припадок, предвестники эпилептического приступа.

Эпилепсия является одним из наиболее распространенных и одновременно одним из наиболее тяжелых заболеваний нервной системы человека. Указанное заболевание имеет колоссальное медико-социальное значение. Так, по данным ВОЗ, в мире диагноз эпилепсии имеют 50 миллионов человек, из них в Европе - около 6 млн. В России проживает около полумиллиона эпилептиков, при этом по статистике количество вновь заболевших увеличивается до 54000 в год.

Эпилепсия представляет собой тяжёлое неврологическое заболевание, несущее реальную угрозу для жизни. Такой диагноз требует регулярного динамического наблюдения и медикаментозного лечения. Основным проявлением эпилепсии являются эпилептические припадки. Эпилептические припадки — это приступы, развивающиеся вследствие возникновения слишком сильных нейронных разрядов в коре мозга. Они проявляются нарушениями двигательной функции, чувствительности, вегетативной нервной системы, мыслительной функции, психической функции. У многих больных наступлению припадка предшествуют предвестники в виде головных болей, раздражительности, недомогания, сердцебиения, плохого сна и повышением температуры тела. Является клинически доказанным фактом, что существует связь между приступом (и даже аурой приступа) и электродермальной проводимостью. Теоретически это может позволить не только определить приступ, но и с известной точностью его предсказать.

Целью проекта является разработка прототипа портативного устройства на базе отладочной платы CC2650STK для регистрации предвестников эпилептического приступа, которое сможет проинформировать о возможном припадке, а носитель устройства сможет предотвратить его или предупредить об этом окружающих.

Принцип действия разрабатываемого устройства будет заключаться в следующем. Основой устройства является отладочная плата CC2650STK, на которую монтируются сенсор EDA (датчик электродермальной активности), электронный акселерометр и гироскоп (для регистрации физической активности носителя устройства), термометр (для регистрирования температуры тела), датчик ЧСС.

Устройство в совокупности с данными модулями позволит регистрировать информацию о ежедневной физической нагрузке, режиме сна, а также сможет отслеживать уровень стресса их обладателя, высчитывая этот показатель на основе количества пота, выделяемого кожей, температурой тела и частотой сердечных сокращений. В совокупности данные биологические показатели позволят предсказывать наступление припадка эпилепсии.

Список литературы

1. Zammit V.A., Ramsay R.R., Bonomini M., Arduini A. Carnitine, mitochondrial function and therapy. Adv. Drug. Deliv. Rev. 2009; 61: 1353-1362.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫХ СИГНАЛОВ ПАЦИЕНТОВ С СОАС.

А.С.СЕЛЕЗНЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В представленной работе рассматривается метод определения структуры сна на основании ЭКГ, РИП и отметок эпох, выявленных при проведении полисомнографического исследования, выявляется задача по предварительной обработке сигналов ЭКГ для их синхронизации, реализуется и апробируется алгоритм.

Ключевые слова: синдром обструктивного апноэ сна, полисомнография, кардиореспираторное мониторирование, электрокардиограмма, респираторная индуктивная плетизмография.

Сомнология – раздел медицинских знаний, направленных на изучение состояния человека во время сна. Хронические нарушения дыхания приводят к ухудшению качества сна, что может обернуться, как следствие, развитием неврологических, соматических и психологических нарушений. Нередко апноэ сопутствуют серьезные расстройства здоровья человека. Пациенты могут испытывать дневную сонливость, а также иметь в анамнезе артериальную гипертензию и страдать от избыточной массы тела.

Конструктивным критерием оценки степени нарушений дыхания во сне является полисомнографическое исследование, проводящееся во время сна пациента. Это исследование является наиболее точным и разносторонним. Признаком, по которому можно судить о синдроме обструктивного апноэ сна, является остановка воздушного потока в полости рта и носа на фоне постоянно и ритмично совершаемых дыхательных движений.

Основными проблемами при отображении и анализе сигналов ПСГ является их продолжительная длительность, кроме того, они снимаются с пациента в большом количестве, что затрудняет обработку из-за возникновения артефактов наводок. Отличие такого метода, как кардиореспираторное мониторирование от ПСГ заключается в отсутствии необходимости регистрировать ЭЭГ, ЭОГ и т.д., а также возможности проводить исследование амбулаторно. Однако в этих сигналах также наблюдается присутствие помех, вызванных, например, движениями спящего человека.

Цель работы: решение задачи предобработки для синхронизации и анализа сигналов ЭКГ для дальнейшего использования в алгоритме по определению архитектуры сна;

Задачи работы: разработка алгоритма по предобработке сигналов ЭКГ и его адаптация к известному алгоритму по исследованию структуры сна с помощью кардиореспираторных параметров.

Объект исследования: файлы с исследованием в формате Инкарт, файлы с исследованием в формате .edf, текстовый файл с отметками эпох сна по результатам ПСГ. Данные не синхронизированы, но записаны параллельно, присутствует отставание.

По результатам кардиореспираторного мониторирования имеется возможность определить структуру сна пациента, что является немаловажным диагностическим критерием.

Поэтому предлагается использовать записанные в ходе исследования ЭКГ и РИП, а также отметки эпох сна по ПСГ.

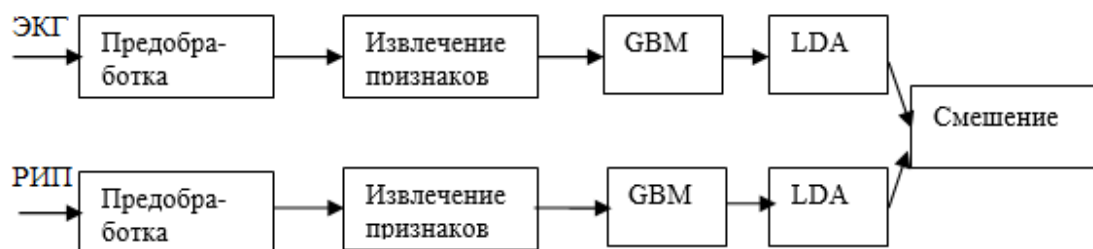


Рисунок 1. – диаграмма метода определения структуры сна по кардиореспираторным параметрам.

Классификаторы градиентного бустинга (GBM) и Random Forest (RF) осуществляют прогноз возникновения вероятности типа структуры сна исходя из признаков кардиореспираторных параметров и индекса эпох. На стадии смешивания признаков классификаторов LDA, GBM и RF предсказан конечный класс эпохи по комбинации результатов предыдущего шага [2].

В рамках же данного исследования был реализован алгоритм предобработки и анализа сигналов электрокардиограммы, снятых с холтеровских мониторов фирмы «Инкарт» и полисомнографической системы.

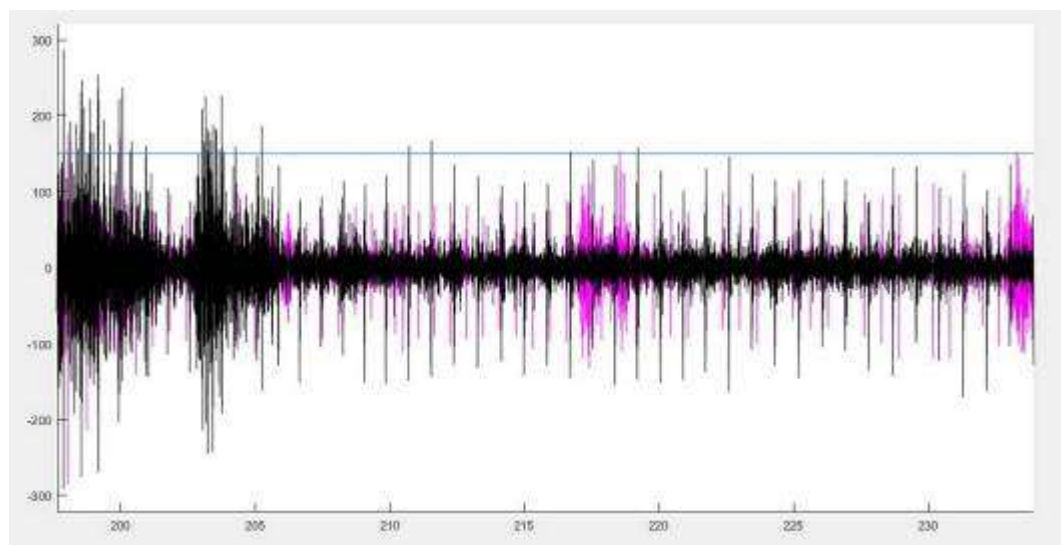


Рисунок 2. - Реализация предобработки сигналов для исключения высокоамплитудных помех, связанных с движениями и отставанием электродов от кожи.

Результаты работы:

- Была проведена предобработка сигналов.
- Разработана модель и реализован алгоритм, позволяющий избавиться от высокоамплитудного шума, связанного с отставанием электродов и движениями пациента во время сна.

Во время разработки и апробации алгоритма был обнаружен следующий недостаток – лимит устанавливается вручную, то есть он не является универсальным для разных пациентов. Перспективой работы является полноценная реализация приведенного алгоритма по определению структуры сна.

Список литературы

1. Бузунов Р.В., Легейда И.В., Царева Е.В. «Храп и синдром обструктивного апноэ сна у взрослых и детей. Практическое руководство для врачей» (5-11 стр.)
2. Alexander Tataraidze, Graduate Student Member, IEEE, Lyudmila Korostovtseva, Lesya Anishchenko, Mikhail Bochkarev and Yurii Sviryaev. Sleep Architecture Measurement Based on Cardiorespiratory Parameters.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РАЗНОСТИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

В. А. СИМОН, А. М. ЗАГОСКИН, Д. В. ОВЧИННИКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Обсуждаются особенности разработки устройств для регистрации биоэлектрической активности тела человека с использованием современной электронной компонентной базы. Описана структура и характеристики разработанного устройства для регистрации разности биопотенциалов.

Ключевые слова: электрокардиограмма, электроэнцефалограмма, аналого-цифровой преобразователь

Современные методы функциональной диагностики, такие как электрокардиография [1–3] и электроэнцефалография [4–6], широко применяются в медицинской практике. Одна из причин востребованности этих методов заключается в их высокой информативности и в отсутствии необходимости хирургического вмешательства (хотя в некоторых случаях используют и инвазивные методики). Профессиональное оборудование для электрофизиологических исследований «экспертного» класса позволяет одновременно регистрировать до нескольких десятков входных сигналов, а также обеспечивает цифровую обработку и анализ записанного сигнала. Однако для некоторых относительно несложных задач достаточно использовать всего один или несколько каналов регистрации сигнала [7][8].

Разработанное устройство для регистрации разности биопотенциалов имеет два входа, напряжение между которыми измеряется с помощью инструментального усилителя (ИУ). Устройство позволяет регистрировать электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и электрокардиограммы (ЭКГ). Структура устройства включает входной каскад, генератор сигнала DRL (Driven Right Leg, букв. управляемая правая нога), активные фильтры, оконечный усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), гальваническую изоляцию, преобразователь интерфейса и источник питания.

Входной каскад с прецизионным ИУ служит для измерения разности потенциалов между электродами, выделения и подавления синфазной помехи, представляющей в основном промышленную помеху 50 Гц и ее гармоники. Коэффициент подавления синфазной помехи у используемого ИУ – более 80 дБ. Генератор сигнала DRL используется для формирования инвертированного сигнала синфазной помехи и подачи его на опорный DRL электрод, что позволяет значительно повысить отношение сигнал-шум. DRL электрод необходимого размера и формы обычно подключается к правой ноге пациента при ЭКГ исследованиях или к области отростка височной кости при регистрации ЭЭГ. Все входы устройства защищены от импульсов высокого напряжения с использованием компактных газовых разрядников [9].

Активные фильтры служат для ограничения диапазона частот сигнала. Фильтр верхних частот ограничивает полосу сигнала снизу частотой 0.2 Гц, режекторный фильтр «вырезает» наводку от питающей электросети [10], а фильтр нижних частот ограничивает полосу сверху частотой 150 Гц. Оконечный усилитель увеличивает амплитуду сигнала для последующего преобразования в цифровую форму. АЦП типа “successive approximation” (последовательное приближение) с разрядностью 16 бит имеет синхронный последовательный выход данных с 24-битным кадром, обеспечивающий 2000 выборков в секунду при тактовой частоте 48 кГц.

Управление работой АЦП осуществляет микроконтроллер (МК) согласно загруженной в его память программе [11]. Обмен данными между АЦП и МК осуществляется через последовательный цифровой интерфейс с гальванической изоляцией на основе специализированной микросхемы. Полученные от АЦП данные передаются на персональный компьютер через интерфейс USB, при этом компьютер воспринимает МК как виртуальный коммуникационный порт, что дает возможность отображения данных в программе-терминале. Информация из терминала сохраняется в виде текстового файла и обрабатывается любым удобным способом. Например, для обработки может быть использован метод скользящего среднего, позволяющий выделить низкочастотную часть сигнала.

Источником питания устройства служат стандартные батареи формфактора AA с номинальным напряжением 1.5 В. Количество батарей – 4 штуки; выходное напряжение батарейного отсека составляет 6 В при полном заряде и уменьшается по мере эксплуатации устройства. При падении напряжения батарей ниже 4.5 В включается звуковой сигнал. Для поддержания стабильного рабочего напряжения используется прецизионный источник опорного напряжения, питающийся от батарейного отсека. Батареи питают только «измерительную» часть устройства, находящуюся за гальванической изоляцией; МК питается через интерфейс USB.

В результате тестирования устройства были получены записи ЭКГ и ЭЭГ, обладающие высоким отношением сигнал-шум и пригодные для вейвлет-анализа и вычисления информационной энтропии. Полученный опыт разработки будет использован при создании различных устройств для персональной медицины.

Список литературы

1. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostrin D.K., Selivanov L.M., Uhov A.A. / Method of recording bioelectrical signals using a capacitive coupling // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 929. С. 012016.
2. Симон В.А., Ухов А.А. / Метод регистрации электрокардиограмм посредством емкостной связи электродов с телом пациента // Биомедсистемы – 2015. Материалы конференции. Рязань, 2015. С. 314-318.
3. Симон В.А., Герасимов В.А., Кострин Д.К., Селиванов Л.М., Ухов А.А. / Способ регистрации биоэлектрических сигналов через емкостную связь // ФизикА.СПб. Тезисы докладов международной молодежной конференции. СПб., 2016. С. 50-52.
4. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostrin D.K., Selivanov L.M., Uhov A.A. / Single-channel electroencephalograph for monitoring the depth of anaesthesia // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 881. С. 012021.
5. Симон В.А., Герасимов В.А., Кострин Д.К., Селиванов Л.М., Ухов А.А. / Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии // SibTest 2017. Сборник тезисов IV международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле. Томск, 2017. С. 110.
6. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostrin D.K., Selivanov L.M., Ukhov A.A. / One-channel EEG monitor for tracking the depth of narcosis // ФизикА.СПб. Тезисы докладов международной молодежной конференции. СПб., 2017. С. 37-38.
7. Симон В.А., Аношкин С.С., Загоскин А.М., Овчинников Д.В. / Одноканальный электроэнцефалограф для контроля глубины наркоза // 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. Труды конференции. СПб., 2017. С. 440-441.

8. Симон В.А., Аношкин С.С., Загоскин А.М., Овчинников Д.В. / Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии // Наука настоящего и будущего. Сборник материалов конференции. СПб., 2017. С. 279-280.
9. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostin D.K., Lisenkov A.A., Selivanov L.M., Uhov A.A. / Application of the gas-discharge surge arresters in X-ray devices and low voltage instrumentation // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Т. 967. № 1. С. 012015.
10. Симон В.А., Герасимов В.А., Костин Д.К., Селиванов Л.М., Ухов А.А. / Режекторный фильтр с настраиваемыми параметрами // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2017. № 5. С. 3-9.
11. Костин Д.К., Ухов А.А., Герасимов В.А., Селиванов Л.М., Симон В.А., Сенотрусова Е.А. / Программа для получения данных от электроэнцефалографического (ЭЭГ) монитора («EEGMon2PC») / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018611813 19.12.2017.

СЕНСОРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ К АНТИБИОТИКАМ

Н. О. СИТКОВ, О. Б. БУХАРЕВА, Т. М. ЗИМИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрен процесс разработки миниатюрного сенсорного элемента на основе электрического импеданса для экспресс-оценки восприимчивости *E. coli* к различным антимикробным препаратам. Для изготовления рассмотренного сенсора использованы стандартные технологии микроэлектроники и микросистемотехники. Выработан численный критерий чувствительности микроорганизма к антибиотикам.

Ключевые слова: лаборатории-на-чипе, сенсоры, импедиметрия, антибиотикорезистентность.

Применение технологий bioMEMS в биологии и медицине позволило разработать новое поколение медицинских приборов и устройств для экспресс-диагностики широкого спектра заболеваний. В связи с появлением и широким распространением антибиотикорезистентности у бактерий все более важное значение приобретает разработка новых методик определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам [1].

Импедиметрические датчики могут решить довольно обширный круг задач, и в некоторых случаях возможно их использование для прямого детектирования физико-химических и метаболических процессов, происходящих на электродах и в объеме пробы, поэтому их использование для анализа микроорганизмов весьма перспективно [2].

В данной работе исследован миниатюрный сенсорный элемент на основе электрического импеданса, потенциально интегрируемый в лабораторию-на-чипе, для оценки антибиотикорезистентности микроорганизмов. С помощью толсто пленочных технологии изготовлены и протестированы образцы сенсорных элементов, представляющие собой массивы из шести ячеек с гребенчатыми электродами различных конфигураций, получены частотные зависимости электрического импеданса для непатогенного штамма *E. coli* M-17 с различными антимикробными препаратами.

В результате проведенных измерений в области частот от 10 Гц до 1 МГц экспериментально подтверждено наличие чувствительности у исследуемого типа бактерий к цефтазидиму и цефтриаксону, а также отсутствие чувствительности к бензилпенициллину, что коррелирует с данными независимых экспериментов. Данные результаты подтверждаются предварительными исследованиями, проведенными

совместно с ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера. Концентрационный предел чувствительности разработанного образца составил 105 КОЕ/мл. Предложен численный параметр для оценки степени воздействия антибиотика на микроорганизм, связанный с изменением емкости, ассоциируемой с разрушением клеточных оболочек.

Дальнейшее развитие данной разработки должно идти в направлении повышения концентрационной и массовой чувствительности сенсорного элемента. Это особенно важно в отношении перспективы интегрирования разработанного сенсорного элемента в гибридную аналитическую систему для микробиологии.

Список литературы

1. Зими́на Т.М. Лаборатории-на-чипе для обеспечения пищевой безопасности Биотехносфера. 2016, вып. (№) 3–4. С. 9–18.
2. Ситков Н.О. Импедансные методы детектирования для миниатюрных аналитических систем // Биотехносфера. 2016, вып. (№) 6. С. 44–53.

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОСЦИЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО ТОНОМЕТРА

А.Д. СУТЯГИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе проведен аналитический обзор современных автоматических тонометров, представлена функциональная схема осциллометрического тонометра с расширенными возможностями, а также дано описание использованных при разработке устройства специализированных микросхем аналоговых интерфейсов и полученные с их помощью сигналы.

Ключевые слова: артериальное давление, домашний мониторинг, осциллометрический метод

По статистике сердечно-сосудистые заболевания в настоящее время являются причиной 17,7 миллионов смертей ежегодно, что в общей сложности составляет 31% от всех смертей [1]. Вероятность возникновения заболеваний сердца повышается при наличии у человека вредных привычек, нездоровом образе жизни, что влечет за собой повышение артериального давления (АД) и наносит существенный ущерб организму. Повышенным АД сопровождается такое распространенное заболевание, как артериальная гипертензия (АГ), которая является фактором риска для поражения органов-мишеней, таких как головной мозг, почки, органы зрения. С целью снижения риска возникновения угрожающих жизни состояний, связанных с резким повышением АД, необходимо проводить своевременный контроль уровня АД. При этом важно отслеживать не только абсолютные значения АД, но и динамику их изменения. Измерение АД в условиях медицинского учреждения не всегда оказывается эффективным, а мониторинг с помощью специализированных суточных мониторов АД связан с ограничением повседневной активности, необходимостью в периодической окклюзии плечевой артерии, доставляющее дискомфорт пациенту, и может проводиться лишь в течение короткого промежутка времени. Поэтому на практике все чаще находят применение автоматические тонометры для домашнего мониторинга АД, которые приобрели популярность благодаря низкой цене и удобству эксплуатации, в то время как механические тонометры (работающие по методу Короткова) зачастую не подходят для домашнего использования, поскольку требуют

определенных навыков для правильного проведения измерений, и используются гораздо реже [2].

На сегодняшний день лидером продаж являются тонометры таких крупных фирм, как Omron Healthcare (Япония), Microlife (Швейцария) и A&D Medical (США). На рынке представлены различные модели автоматических тонометров, условно их можно разделить на несколько классов:

- 1) базовые модели, обладающие минимальным набором функций;
- 2) тонометры премиум-класса, имеющие дополнительные функции;
- 3) профессиональные тонометры с расширенными возможностями.

Несмотря на разнообразие моделей, проблема доступного и эффективного мониторинга АД остается не до конца разрешенной. Базовые тонометры остаются относительно дешевыми, но в большинстве случаев не обеспечивают требуемой точности измерений у людей с нарушениями ритма сердца и другими сердечно-сосудистыми заболеваниями. Запястные тонометры имеют низкую стоимость, максимально удобны в использовании, позволяют проводить измерения при большом объеме руки, заболеваниях суставов, возникновении сильных болевых ощущений при использовании плечевой манжеты, но зачастую имеют более низкую точность (в некоторых случаях погрешность измерения достигает 20-30 мм рт. ст.). Кроме того, не рекомендуется использовать запястные приборы у пожилых людей, поскольку склеротические изменения в сосудах и нарушения периферического кровообращения сильно влияют на значения АД, измеренные на запястье.

Тонометры премиум-класса обеспечивают максимальную точность измерений благодаря наличию дополнительных функций и работают в фазе компрессии, что позволяет избежать создания избыточного давления в манжете; компанией Hartmann представлен тонометр Tensoval Duo Control, производящий измерения двумя способами: осциллометрическим и по методу Короткова, что повышает точность измерения у людей с нерегулярным сердечным ритмом; также, некоторыми производителями предложены устройства, управляемые со смартфона посредством Bluetooth-канала. Однако, такие модели менее доступны для самостоятельного контроля уровня АД в силу высокой стоимости. В таблице 1 представлены основные классы современных тонометров и реализуемые ими функции.

Стоит отметить, что многообразие функций современных тонометров премиум-класса обеспечивается в основном на программном уровне, со стороны аппаратного обеспечения структура для всех устройств, включая модели премиального сегмента, является общей. При этом указываемая точность измерения конкретного тонометра – это точность преобразования используемого в схеме датчика давления, в то время как на результаты измерения влияет множество других факторов, и наиболее существенный вклад вносит методическая погрешность. Соблюдение рекомендаций к проведению процедуры измерения АД автоматическим тонометром является главным условием получения точных показателей АД, но зачастую эти рекомендации людям либо не известны, либо они не считают нужным четко им следовать (большую роль играет степень приверженности пациента к лечению), что приводит к искажению результатов измерения [3].

Таблица 1

Сравнительный анализ современных тонометров

Класс тонометра	Место установки	Производитель	Метод измерения	Реализуемые функции
Базовый	На плечо	Omron Healthcare	Осциллометрический	Измерение в режиме декомпрессии, память в среднем на 30 измерений
		A&D		
		LD		
		Microlife		
	На запястье	Omron Healthcare	Осциллометрический	Измерение в режиме компрессии, память в среднем на 30 измерений, индикатор аритмии
		A&D		
		Microlife		
Премиум-класса	На плечо	Omron Healthcare	Осциллометрический	Измерение в режиме компрессии, технология отслеживания пульса, индикатор аритмии, индикатор движения, память с фиксацией даты и времени, расчет среднего значения 3-х измерений
		Hartmann (Tensoval Duo Control)	Метод Короткова + осциллометрический	
	На плечо, беспроводной канал связи (Bluetooth)	Qardio	Осциллометрический	Измерение в фазе компрессии, индикатор аритмии, движения, память с фиксацией даты и времени, расчет среднего значения, режим просмотра результатов в динамике, управление со смартфона, сохранение результатов в облаке
		Omron Healthcare		
		iHealth		
Профессиональный	На плечо	Omron Healthcare	Осциллометрический	Измерение в режиме декомпрессии, ручное управление, от 4 режимов нагнетания, индикатор аритмии, расчет среднего значения, технология отслеживания пульса, режим аускультации

Особо следует выделить следующие особенности процедуры измерения АД:

- Во время исследования необходимо сохранять неподвижность, положение пациента должно быть строго определенным, а рука с наложенной манжетой находится на уровне сердца.
- Глубокое дыхание в процессе измерения приводит к повышенной изменчивости АД и влияет на величину систолического давления.
- Наличие у пациента аритмий и других патологий сопровождается выраженной беспорядочностью осцилляций давления и искажению их формы, что негативно влияет на качество измерений и достоверность получаемых значений АД.

На основании вышесказанного стандартная структура тонометра может быть модернизирована посредством добавления дополнительных каналов регистрации биомедицинских сигналов, которые позволят повысить интерпретируемость результатов измерений. Поскольку значения АД зависят от характера дыхания пациента во время исследования, предлагается регистрировать сигнал реопневмограммы (РП) для определения частоты дыхательных движений (ЧДД). Выявление ошибок измерения, связанных с наличием у человека нарушений сердечного ритма, затрудняется тем, что по сигналу пульсаций давления в манжете, который обычно регистрируется при измерении

АД, не всегда становится ясным, была ли причиной искажения осцилляций аритмия или помеха, связанная с двигательной активностью (или имело место влияние обоих факторов). А значит, необходима дополнительная информация: например, сигнал электрокардиограммы (ЭКГ) и пульсовой волны (ПВ). Чтобы исключить обусловленную движением погрешность требуется иметь представление о положении пациента, для чего может использоваться датчик положения.

На рис. 1 представлена функциональная схема предлагаемого тонометра с расширенными функциональными возможностями. Устройство включает в себя четыре основных блока: блок регистрации ЭКГ и РП, блок записи тонов Короткова, датчик положения и блок регистрации ПВ. Получение сигналов ЭКГ и РП обеспечивается с помощью электродов, помещенных в верхней части корпуса устройства, также с одной из сторон электрод сопряжен с оптическим датчиком, работающим на отражение и регистрирующим сигнал ПВ с помощью метода фотоплетизмографии. Пользователю достаточно приложить пальцы рук к электродам во время проведения процедуры измерения, удерживая прибор обеими руками. Одновременно отслеживается положение пациента и производится запись тонов Короткова для большей достоверности результатов при невозможности применения только осциллометрического метода. Все синхронно записываемые сигналы сохраняются в памяти устройства для последующей обработки и анализа, а также для проверки результатов измерения при получении недостоверных значений. Основными требованиями, предъявляемыми к компонентам, используемым в устройствах подобного типа, являются минимальное энергопотребление и низкая стоимость. Следовательно, целесообразным является использование специализированных микросхем аналоговых интерфейсов медицинского назначения (Analog Front End, AFE), которые представляют собой интегрированные решения, позволяющие значительно уменьшить количество используемых при разработке дискретных компонентов.

Сигнал с электродов поступает на три параллельных канала обработки: канал анализа variability сердечного ритма (на базе микросхемы AD8232 фирмы Analog Devices), канал регистрации полноценной ЭКГ (рис. 1, б) и канал мониторинга ЧДД (на базе микросхемы ADS1292R фирмы Texas Instruments). Микросхема AD8232 имеет встроенный инструментальный усилитель и конфигурируемый полосовой фильтр (задает узкую амплитудно-частотную характеристику канала 8-24 Гц, которая совпадает с частотным диапазоном R-зубцов), что позволяет регистрировать variability сердечного ритма даже в условиях зашумленного ЭКГ сигнала на входе (особенно важно при регистрации сигнала с рук пациента при помощи металлических электродов). Микросхема ADS1292R включает входной блок программируемых усилителей, АЦП и блок предварительной фильтрации ВЧ-помех. Возможен перевод микросхемы в спящий режим (потребление менее 20 мкВт), гибкая настройка частоты дискретизации. Встроенный реографический канал обеспечивает измерение дыхательного импеданса с разрешением до 20 мОм. Хотя получаемая РП содержит большое количество шумов на фоне низкой амплитуды полезного сигнала, после цифровой фильтрации она позволяет оценить основные показатели дыхания (рис. 1, в). Сигнал ПВ регистрируется посредством микросхемы ADPD103 фирмы Analog Devices (измерительный модуль из сдвоенного светодиода и фотодиода с широким спектральным диапазоном, полосовой фильтр с возможностью перестройки и сигма-дельта АЦП). Наиболее эффективное энергопотребление обеспечивается благодаря возможности гибкой настройки режимов работы светодиодов и частоты дискретизации сигнала ПВ.

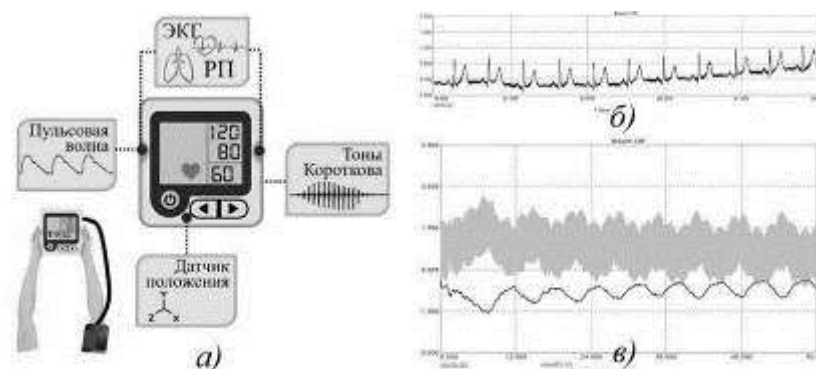


Рис. 1. Функциональная схема тонометра с расширенными возможностями (а) и полученные с помощью микросхем AD8232 (б) и ADS1292R (в) сигналы

Таким образом, использование микросхем AFE обеспечивает минимальное энергопотребление и низкую стоимость устройства (за счёт некоторого снижения качества регистрируемых параметров, что не критично для целей домашнего мониторинга), а встроенные на аппаратном уровне дополнительные элементы (фильтры, усилители, АЦП и пр.) позволяют уменьшить число используемых дискретных компонентов. С помощью расширенных функций предложенного тонометра повышается точность самостоятельных измерений АД с помощью автоматического тонометра в домашних условиях, благодаря чему возрастает диагностическая ценность домашнего мониторинга АД.

Список литературы

1. Глобальное резюме по гипертонии. Безмолвный убийца, глобальный кризис общественного здравоохранения // Всемирная организация здравоохранения. – 2013. – WHO/DCO/WHO/2013.2.
2. Kapse C.D., Patil B.R. Auscultatory and Oscillometric methods of Blood pressure measurement: a Survey // International Journal of Engineering Research and Applications. – 2013. – vol.3 – pp. 528-533.
3. Приказ Минздрава РФ от 24.01.2003 N4 «О мерах по совершенствованию организации медицинской помощи больным с артериальной гипертонией в Российской Федерации». – 2003. – 31 с.

ИССЛЕДОВАНИИ МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ В МАНЖЕТЕ ПРИ ОККЛЮЗИОННО-ПЛЕТИЗМОГРАФИЧЕСКОМ

А.А. ТИМЧУК

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Рассмотрена методика оптимизации давления в манжете при окклюзионно-плетизмографическом исследовании.

Ключевые слова: окклюзионная плетизмография, манжета.

На практике плетизмографию используют как метод исследования сосудистого тонуса и кровотока в сосудах мелкого калибра, основанный на графической регистрации пульсовых и более медленных колебаний объема какой-либо части тела, связанных с динамикой кровенаполнения сосудов. Как особый метод выделяют так называемую общую плетизмографию, или плетизмографию всего тела, применяемую для исследования функций внешнего дыхания и минутного объема кровообращения [1].

В настоящее время плетизмографии является единственным неинвазивным и точным способом измерения изменений объема крови в конечностях. Регистрируя зависимость изменения объема V от времени, можно вычислить кровоток F в конечности, пользуясь формулой $F = dV/dt$. При этом измерении нужно предотвратить венозный отток крови, что достигается наложением окклюзионной (пережимающей) манжеты. Этот метод получил название венозная окклюзионная плетизмография [2].

Компрессионные манжеты разных размеров и конфигураций пользуются спросом при проведении медицинских исследований, касающихся неинвазивного анализа кровеносной системы человека. Данное устройство представляет собой эластичную пневматическую камеру, обёрнутую в текстильную оболочку.[3] В процессе исследования манжета надевается на конечность пациента и заполняется воздухом до тех пор, пока она не создаст давление достаточное для прерывания венозного или артериального кровотока, в зависимости от требований эксперимента. Для того чтобы манжета стала пригодной для исследования, её пневматическую камеру необходимо герметично соединить через шланги с манометром и устройством нагнетания воздуха, а также снабдить устройством стравливания воздуха. На сегодняшний день существует много вариаций таких систем, как полностью механических, так и полностью электронно-управляемых. Целью же данной работы является разработка методики и аппаратно-программного средства, которая позволит создать оптимальное давление и стабильно поддерживать его. Важными составляющими в данном случае является изменение скорости кровотока при постепенном увеличении давления в манжете и пульсовые колебания организма. В настоящее время на практике в большинстве случаев заранее задается давление без учета динамики изменения состояния кровеносных сосудов.

Разрабатываемая система является автоматизированной системой, которая позволит управлять давлением и параллельно регистрировать информативные параметры необходимые при проведении диагностических процедур. Требуемая система должна содержать в себе компрессор, клапан пневмодрессель, датчик давления, соединительные шланги, тройники, компрессионную манжету, электронную схему и источник питания.

Электронная схема контролирует электронно-управляемые части системы: микровоздушный насос и клапан пневмодрессель, а также считывает данные с электронного датчика давления. Соединение данных компонентов производится в соответствии с блок схемой рис.1. Широкой сплошной линией обозначена пневматическая часть системы. Тонкими стрелками обозначено движение управляющих импульсов и информационных сигналов. Толстыми пунктирными линиями обозначены линии питания.

Выбор компонентов основан на выполняемой устройством задаче, которая схожа с задачей таких устройств как электронные тонометры, которые содержат в себе систему, заполняющую манжету воздухом. Ниже будет приведена информация о характеристиках компонентах выбранных для разработки собственной системы.

Микровоздушный насос необходим для подачи воздуха в манжету для нагнетания необходимого в ней давления. Был выбран SC3704PM, т.к. это насос может создать необходимое давление, достаточную скорость накачивания и имеет низкое напряжение питания.

Клапан пневмодрессель необходим для стравливания воздуха с различной скоростью. Различная скорость стравливания достигается за счёт шагового двигателя, который открывает пневмодрессель до необходимой степени. Были выбраны пневмодрессель MCO 704-1/8 и шаговый двигатель FL20STH - 1.8°, т.к. имеет достаточную мощность и угол по-

ворота вала. Шаговый двигатель и клапан пневмодроссель сразу в сборе не распространяются, поэтому их валы необходимо сопрячь с помощью специальной гильзы. В гильзу плотно запрессовывается вал шагового двигателя, а обратная сторона гильзы соединяется с валом клапана через резьбовое соединение. Внешние же корпуса устройств необходимо неподвижно соединить друг с другом. Такое соединение устройств, приводит к тому, что вала шагового способен вворачивать и выворачивать вал клапана из гильзы, тем самым закрывать и открывать его.



Рис 1. Система нагнетания воздуха в манжету.

В качестве датчик давления был выбран МРХНЗ6400АС6Т1, т.к. имеет достаточный диапазон рабочего давления и погрешность измерения не превышающую 1.5% от максимально значения. Также имеет время реакции 1 мс, что вполне достаточно для регистрации давления в реальном времени.

Все перечисленные выше компоненты системы свободно и герметично соединяются через шланги и тройники в единую пневматическую систему, в соответствии со схемой. Шланги и тройники выбраны те же самые, которые используются тонометрах, т.к. они могут выдержать давление, необходимое для проведения эксперимента, а также они могут обеспечить герметичное соединении компонентов. Шланги имеют размеры 4х1,5мм, они достаточно прочны и эластичны.

Что касается электронной схемы, к ней есть ряд требований. В ней должны обязательно присутствовать стабилизатор напряжения, регулятор напряжения для контроля мощности насоса, микросхема для управления шаговым двигателем, микроконтроллер со встроенным АЦП, несколько управляющих кнопок и дисплей. Управляющие кнопки и дисплей нужны для выставления требуемого значения давления, также дисплей нужен для демонстрации показаний с датчика давления. АЦП нужен для получения данных с датчика давления, т.к. данные с него приходят в виде аналогового сигнала и требуют преобразования.

Регулятор напряжения, микросхема управления шаговым двигателем, датчик давления, управляющие кнопки и дисплей должны быть подсоединены к микроконтроллеру и образовывать с ним единую электрическую цепь.

Также все электронные компоненты должны быть запитаны источником питания, через стабилизатор напряжения.

Процедура проведения диагностических процедур начинается с надевания на конечность пациента компрессионной манжеты. Затем электронная схема запускает насос, тем самым подавая воздух манжете. Управление насосом осуществляется микроконтроллером через схему управления напряжением подаваемым на двигатель насоса. Манжета начинает расширяться и давить на конечность пациента. Это продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто нужное давление. Основываясь на данных с датчика давления, электронная схема прекращает нагнетание воздуха. Снятие данных с датчика происходит в режиме реального времени. В случае падения давления в системе с нужной отметки, электроника снова включает насос и поднимет давление до нужной величины. Скорость нагнетания воздуха может быть уменьшена за счёт подачи на насос меньшего напряжения питания, это функция тоже осуществляется встроенным в электронную схему регулятором напряжения. В случае, когда в системе появляется избыточное давление, микроконтроллер подаёт управляющий сигнал на регулятор напряжения шагового двигателя, соединённый с клапаном пневмодросселя. Шаговый двигатель приоткрывает клапан и это приводит к тому, что из манжеты стравливается воздух. Когда уровень давления падает до нужной отметки, шаговый двигатель закрывает клапан. Степень открытия клапана регулируется углом поворота вала шагового двигателя.

Особенностью данной методики является то, что скорость подачи воздуха и скорость его стравливания регулируются, поддерживая соответствующее давление на необходимом уровне. В случае присутствия избыточного давления, оно сбрасывается. Если давления в системе не хватает, оно будет поднято. Решения о поднятии и сбросе давления принимает электронная схема, основываясь на данных с датчика давления. В этом и состоит оптимизация.

Список литературы

1. В. П. Жмуркин; Е. К. Лукьянов (техн.). Плетизмография. // Большая медицинская энциклопедия / гл. ред. Б. В. Петровский. — 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1974—1989. — Т. 19
2. Джон Г. Вебстер, Джон В. Кларк мл., Майкл Р. Ньюман. Медицинские приборы. Разработка и применение. — М. — Медицинская книга. — 2004. 720 с., ил.
3. ГОСТ 31515.1-2012 (EN 1060-1:1996). Сфигмоманометры (измерители артериального давления) неинвазивные. Часть 1. Общие требования. — Введ. 2015-01-01. — М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. — 12 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ НЕВРОЛОГИЧЕСКОЙ СИМПТОМАТИКИ У ДЕТЕЙ ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ

А.В. УЛЬЯНОВА, Г.А. МАШЕВСКИЙ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе рассмотрены подходы к оценке динамики возникающих неврологических нарушений у детей, перенесших ишемический инсульт. Представлен пример регрессионной модели, построенной на основе метода группового учета аргументов, описывающей зависимость между шкалой, оценивающей степень выраженности неврологической симптоматики и факторами, влияющими или описывающими состояние ребенка после инсульта.

Ключевые слова: PSOM, неврологические нарушения, ишемический инсульт у ребенка, МГУА

Одной из актуальных проблем в современной медицине является диагностика и своевременное лечение детей, перенесших ишемический инсульт. Причины возникновения и течения заболевания для каждого случая индивидуальны. Одним из первых вопросов, возникающих при наблюдении детей с инсультами, является точная оценка динамики возникающих неврологических нарушений. Для этого существуют стандартизированные шкалы. Например, динамическую оценку сохраняющейся неврологической симптоматики в восстановительном периоде оценивают при помощи педиатрической шкалы исхода инсульта PSOM (Pediatric Stroke Outcome Measure). Но данная шкала оценивает неврологическое нарушение уже после выписки и через год.

С другой стороны существует огромное количество факторов, которые могут быть взяты за основу для разработки методики диагностики, с помощью которой можно будет прогнозировать степень выраженности неврологической симптоматики.

В исследовании использовался массив, собранный в условиях нейрохирургического отделения ДГКБ №5 Н.Ф. Филатова г. Санкт-Петербурга. В него вошли показатели двух шкал, оценивающих выраженность неврологического дефицита, а также значения различных факторов, таких как: данные анамнеза ребенка, области сосудистого поражения, показатели биохимического и клинического анализов крови и т.д.

На первом этапе исследования, массив был подвергнут корреляционному анализу. Т.к. большинство рассматриваемых параметров – категориальные переменные, для оценки связи между переменными был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Таким образом, были выявлены факторы, которые могут повлиять на выраженность неврологической симптоматики у детей, перенесших ишемический инсульт. Коэффициенты корреляции рассчитывались при доверительной вероятности 95% с помощью программы STATISTICA 7.0.

Для прогнозирования степени выраженности неврологической симптоматики необходимо было построить математические модели. В качестве математического аппарата был выбран метод группового учета аргументов (МГУА). Данный метод основан на порождении и выборе регрессионных моделей оптимальной сложности. Для построения моделей на основе МГУА использовалась программа GMDH Shell DS 3. Для каждого показателя шкал из массива строилась функция описывающая зависимость между оценочной шкалой и коррелирующими с ней факторами. Модели строились для двух показателей шкал –

PSOM после выписки и PSOM через один год. Выходными параметрами для построения модели были показатели этих двух шкал взятые из массива, входными показателями были факторы, влияющие на выраженность неврологической симптоматики. В результате было построено несколько моделей для PSOM после выписки и несколько для PSOM через один год. При построении моделей использовались два алгоритма: *комбинаторный* алгоритм и *нейросеть* МГУА. *Нейросеть* МГУА основывается на сортировании постепенно усложняющихся моделей полученных на основе полинома Колмагорова-Габора. Лучшая модель выбирается по минимуму внешнего критерия. Внешним критерием может служить среднеквадратическое отклонение (СКО). *Комбинаторный* алгоритм – алгоритм полной индукции, который можно получить из заданного полного полинома вычеркиванием слагаемых.

В качестве примера построенных моделей, можно привести два полинома, основанных на комбинаторном алгоритме и описывающих зависимость между показателями шкалы исхода инсульта PSOM сразу после выписки и через год, где X_1 – Аллергия (пищевая), X_2 – Атаксия, X_3 – ЭЭГ: медленная активность справа, X_4 – глубина пареза руки при поступлении, X_5 – сила в паретичной руке на 7 сутки, X_6 – сила в паретичной руке на 14 сутки, X_7 – факт перенесенных ранее черепно-мозговых травм:

$$PSOM_{\text{после\_выписки}} = 2,29 + X_1 \times 1,38 + X_2 \times 1,17 + X_3 \times 1,71 + X_4 \times 0,16 + X_5 \times (-0,46),$$

$$PSOM_{\text{через\_год}} = 1,86 + \sqrt[3]{X_7} \times 0,6 + \sqrt[3]{X_1} \times \sqrt[3]{X_2} \times 2,26 + (\sqrt[3]{X_7})^2 \times (-0,05) + (\sqrt[3]{X_6})^2 \times (-0,54).$$

В результате выполненных исследований с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена были выявлены основные факторы, влияющие на выраженность неврологической симптоматики. Используя МГУА, были построены модели, позволяющие прогнозировать степень выраженности неврологической симптоматики у детей, перенесших ишемический инсульт. При этом прогноз о состоянии ребенка можно будет установить практически сразу после его госпитализации.

Список литературы

1. А.В. Минин, А. Б Пальчик, К. И Пшеничная. Ишемические инсульты у детей. Методические рекомендации. СПб. 2016-60с.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА

К.Н. Болсунов, К.А. Филиппова

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В процессе нововведений в системе здравоохранения со стороны телемедицины в этой статье был рассмотрен ее раздел – удаленный мониторинг. Пояснение структуры УМ, принцип работы в области здравоохранения. Так же были выделены текущие проблемы УМ по отношению к системе контроля состояния пациента.

Ключевые слова: удаленный мониторинг, телемедицина, система контроля.

Удаленный мониторинг состояния здоровья пациентов - своего рода нововведение в системе телемедицины. Удаленный мониторинг (УМ) представляет собой умную технологию, которая позволяет контролировать состояние здоровья пациента вне лечебно-

профилактического учреждения, что позволяет снизить затраты на перевозку больных, сохранить время пациента, а также минимизировать осложнения.

Использование УМ в условиях повседневной клинической структуры способствует осуществлению индивидуальной модели, которая ориентирована на пациента. Непосредственно УМ играет большую роль в процессе контроля состояния пациентов в амбулаторном периоде. [1]

Стандартная система УМ использует цифровые технологии для сбора данных о состоянии пациента в одном месте, например, дома у пациента, и передает их в лечебно-профилактическое учреждение для оценки показателей врачом, а также для рекомендаций.

Неинвазивные технологии в настоящее время интегрируются с представленной дополнительной информацией о пациенте с целью улучшения принятия решения в области здравоохранения.

Ключевыми особенностями УМ является дистанционный мониторинг и анализ физиологических параметров, позволяющие ранее выявлять ухудшения, таким образом имея преимущество в области здравоохранения таких как:

- Сокращение числа посещений отделения неотложной помощи;
- Госпитализация;
- Продолжительность пребывания в больнице. [2]

УМ представляет собой один или несколько сенсоров, находящихся на теле пациента, которые осуществляют регистрацию физиологических сигналов. Расположение и количество сенсоров зависит от заболевания. Например, непосредственно у пациентов с диагнозом хронической сердечной недостаточности используют сенсоры для регистрации сердечного ритма, также дополнительно могут быть использованы сенсоры для определения температуры и другие. [3]

Процесс технологии УМ представляет собой систему, состоящую из:

- Сенсоров, которые расположены на пациенте;
- Сенсоров, расположенных на расстоянии от тела пациента и использующихся тогда, когда стандартные методы мониторингирования небезопасны для пациента;
- Беспроводной натальной компьютерной сети;
- Интернета;
- Облачного хранилища;
- Медицинский центр;
- Врача.

Рассмотрим модель процесса технологий удаленного мониторинга. Зарегистрированные данные от пациента переходят на беспроводную натальную компьютерную сеть. В настоящее время наибольшую распространенность из коммуникационных вариантов, получил Bluetooth, использующийся в мобильных телефонах. В качестве сетевого шлюза используются телефоны либо планшеты, через которые передается информация в облачное хранилище ЛПУ, где к нему имеет доступ лечащий врач, который в последующем на этой информации выстраивает лечебный процесс. (Рис.1)

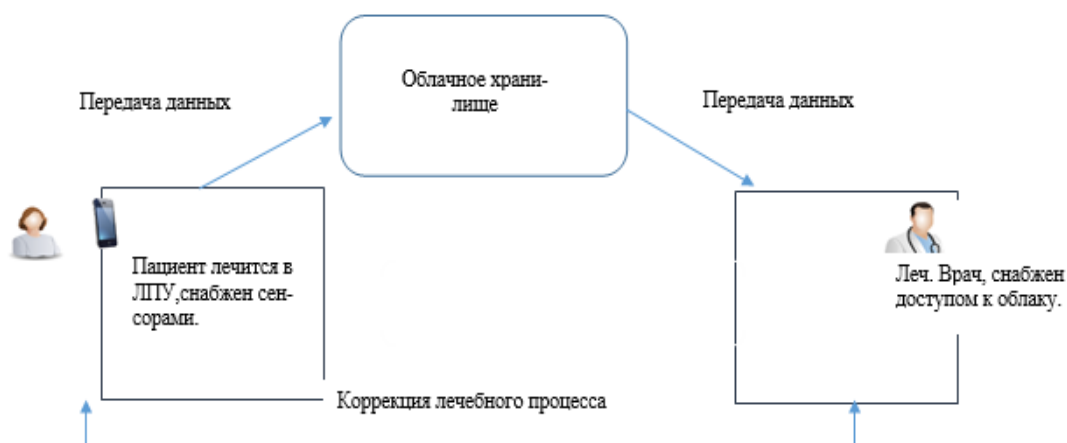


Рис.1 Модель процесса технологий удаленного мониторинга

При рассмотрении модели процесса технологий удаленного мониторинга, мы выявляем основные требования к системе контроля состояния пациента с использованием УМ

1. Управление устройством.

Работа в системе УМ подразумевает собой работу с устройством с обоих концов, проблема заключается в том, что пользователей нужно обучить правильно пользоваться технологией УМ, они должны своевременно управлять устройством с помощью веб-интерфейса и мобильного интерфейса.

Данную проблему можно решить с помощью доступного интерфейса, облегченного дизайна устройства и круглосуточной технической поддержки.

Также с ростом облачных технологий важно обновлять программное обеспечение, провайдеры должны позаботиться о простом обслуживании и установке/переустановке необходимых процессов для устройств.

Провайдеры должны своевременно уведомлять клиентов о обновлении процессов, а также при необходимости самим выезжать на места и в дальнейшем усовершенствовать систему до автоматического онлайн обновления.

2. Сбор данных, обмен данных и аналитика.

Для достижений целей УМ провайдеры должны определить объем данных, который подходит для дистанционного ухода за пациентом.

При анализе требований, провайдеры должны решить какие данные необходимы для их процессов, а также оценить работоспособность устройства передавать данные связанные со здоровьем, но для этого должно быть адекватное хранилище.

Для обмена данных, поставщики могут представить веб-сервер с двумя методами чтения и записи данных:

- GetThings, метод использующийся для выполнения запросов и возврата сохраненных данных;
- PutThings, метод использующийся для создания и обновления данных. [4]

Помимо простого хранения и поддержки данных, связанных со здоровьем, УМ должен иметь возможность фильтровать данные с точностью и в различных временных отрезках для улучшения анализа. Кроме того, он должен иметь возможность фильтровать аномалии. Системе необходимо уметь определять информацию, которая будет передана в клиническую систему с последующим уведомлением врача.

3. Сенсоры.

Для комфорта пациента при использовании систем УМ, сенсоры должны быть действительно пригодными для носки - ненавязчивыми, легко переносимыми и почти невидимыми для окружающих людей. Для того, чтобы сенсоры были использованы для долгосрочного мониторинга они должны удовлетворять определенным медицинским и эргономическим требованиям. Например, система должна быть удобной, компоненты должны быть гибкими, малыми по размеру и должны быть химически инертными и нетоксичными, гипоаллергенными для человеческого организма. Кроме того, ограничение аппаратных ресурсов является серьезной проблемой для системы с несколькими сенсорами, где центральному узлу необходимо обрабатывать большое количество данных, поступающих с разных узлов датчика. Это также оказывает значительное влияние на требования к мощности системы которое необходимо минимизировать, чтобы продлить срок службы батареи для долгосрочного использования. Изменение и обработку физиологической информации, в конечном счете, передаются в удаленное медицинское учреждение через интернет. Следовательно, также необходимо использовать защитный канал связи для защиты конфиденциальности личных медицинских данных. Конфиденциальности можно добиться, используя сильные методы шифрования, такие как инфраструктура «открытого ключа», и протокол «Secure Sockets Layer». Таким образом, критическая задача проектирования для износостойкости системы мониторинга здоровья заключается в интеграции нескольких электронных компонентов, обеспечивая при этом точность измерений, защиту информации и низкое энергопотребление, а также комфорт пользователя.

Закключение. Удаленный мониторинг имеет большой потенциал в ведении пациентов с хроническими заболеваниями и после проведенных серьезных операций. Основная цель системы контроля работоспособности для здоровья заключается в том, чтобы позволить людям вести независимую и активную жизнь в привычной домашней обстановке, обеспечивая непрерывный, неинвазивный и беспрепятственный контроль за их здоровьем и физическим состоянием. Огромное развитие технологий за последние несколько десятилетий приводит к производству и использованию миниатюрных, маломощных, недорогих датчиков, приводов, электронных компонентов и мощных компьютеров, которые прокладывают путь к неинвазивным и непрерывным мониторинг состояния здоровья человека.

Непрерывный мониторинг состояния здоровья может предоставить исчерпывающую информацию о состоянии здоровья людей в течение определенного периода времени.

Эти системы могут включать в себя мониторинг и анализ данных, а также алгоритмы прогнозирования, которые потенциально могут прогнозировать определенные заболевания с большей степенью уверенности, что приводит к ранней диагностике и лечению. В случае обнаружения какой-либо потенциальной проблемы со здоровьем система может вызвать тревогу и уведомить соответствующих лиц или медицинские службы через безопасные беспроводные носители, такие как интернет и сотовая сеть, чтобы можно было начать немедленное медицинское вмешательство. УМ позволяет снизить утилизацию ресурсов и расходование бюджетных средств за счет снижения нагрузки на персонал и оборудования. В представленном материале были рассмотрены проблемы, влияющие на снижение эффективности технологии, по решению которых УМ станет одним из перспективных направлений в сфере здравоохранения.

Список литературы

1. Управления рисками пациента на основе технологии удаленного мониторинга здоровья: состояние области и перспективы/ Л.С Назимова-Баранова, Л.Е Суворов, И.В. Смирнов, А.И. Молодчиков, Е.В. Антонова, Е.А. Вишнева, В.И. Смирнов// Вестник РАМН. – 2015. - №1. – С. 82-89.

2. Удаленный мониторинг пациентов [Электронный ресурс]// wikipedia.org/wiki/Remote_patient_monitoring#cite_note-center-3 (Дата обращения 25.02.2018)
3. Карпов, О.Э. Новые методы мониторингирования жизненно важных органов в эпоху телемедицины/ О.Э. Карпов, А.В. Свешников, А.С. Воробьев// Менеджер здравоохранения. – 2016. - №8. – С. 54-62.
4. Запись данных в «HealthVault Microsoft» [Электронный ресурс]// <https://docs.microsoft.com/en-us/healthvault/concepts/xml-api/writing-data> (Дата обращения 03.03.2018)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОД ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМФОРТНОСТИ ЖИЗНИ

А.В. ШАВШИНА

Южный федеральный университет. Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Аннотация. В статье описывается способ экологического мониторинга состояния вод, на основе комплексной оценки степени их загрязненности по гидрохимическим показателям. Рассматривается пространственно-временная динамика изменения индекса загрязнения воды за период 2004-2016 гг. Акцентируется внимание на использовании различных программных комплексов для пространственного моделирования загрязнения, например, MapInfo.

Ключевые слова: экологический контроль, мониторинг, качество вод, моделирование, ИЗВ.

Для того чтобы сделать вывод о воздействии воды и водных экосистем на биологические объекты, нужно иметь как можно больше информации об ее параметрах, свойствах и допустимых нормах содержания определенных веществ (для нормального сосуществования человека с экосистемой). По этой причине, мониторинг состояния водных ресурсов является важной задачей, поскольку он увеличивает общее понимание данной весьма сложной структуры экосистемы.

Мониторинг включают в себя сбор, анализ, интерпретацию и распространение информации. Эта информация выступает в качестве исходных данных. Она используется для изучения прошлого и настоящего состояния воды и водных экосистем. Исходные данные, накапливаемые год за годом, увеличивают способность понять настоящие и прогнозировать будущие условия окружающей среды и их влияние на биологические объекты. Они также позволяют оценивать различные воздействия загрязнения на экосистему и биологические объекты.

В качестве исходной информации использовались данные индекса загрязненности воды (ИЗВ) за период 2004-2016 гг. ИЗВ – аддитивный коэффициент, который представляет собой среднюю долю превышения предельно допустимой концентрации веществ (ПДК) по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов.

Классификация качества воды, проведенная на основе значений ИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 7 классов в зависимости от степени их загрязненности. Поэтому данный метод может быть применен для комплексной оценки современного состояния загрязненности воды. Он позволяет охарактеризовать водный ресурс в целом и в конкретные периоды времени.

В целях мониторинга качества вод Таганрогского залива проводилось наблюдение и исследование особенностей пространственно-временной динамики изменений гидрохимического индекса загрязнения воды (рис. 1). Информация для проведения исследования взята в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Информационно-

аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГУ «Азовморинформцентр»).

Данные вертикальной оси графика расшифровываются как: до 0,2 – вода очень чистая (I класс качества); 0,2–1,0 – чистая (II класс качества); 1,0–2,0 – умеренно загрязненная (III класс качества); 2,0–4,0 – загрязненная (IV класс качества); 4,0–6,0 – грязная (V класс качества); 6,0–10,0 – очень грязная (VI класс качества); $>10,0$ – чрезвычайно грязная (VII класс качества). Справа на рисунке указаны номера створов, откуда были взяты пробы воды.

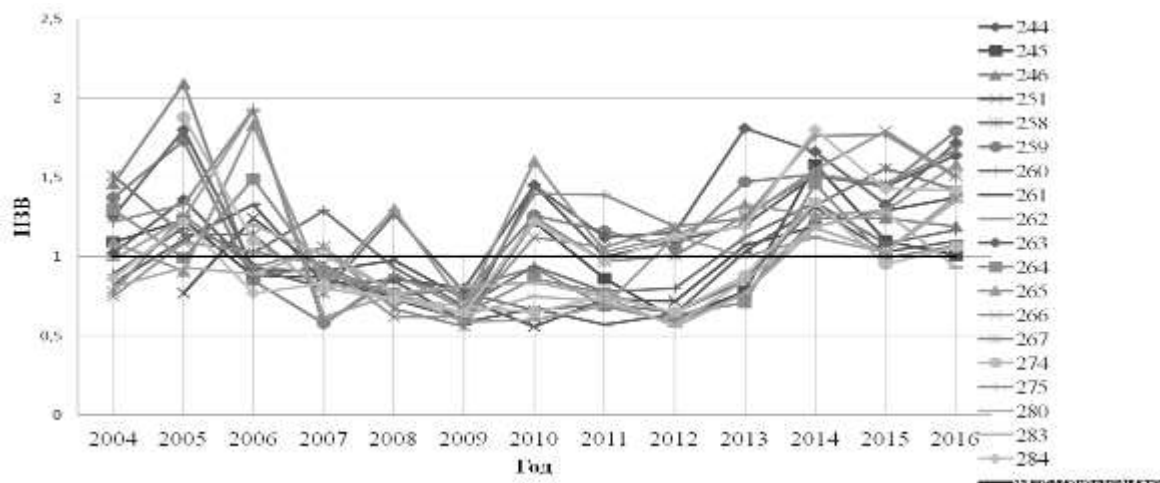


Рис. 1. Динамика изменения качества вод Таганрогского залива

С 2007 по 2012 год согласно ИЗВ наблюдалось улучшение качества водных ресурсов, в большинстве точек вода считалась «чистой» и относилась ко II классу качества. Такие ресурсы пригодны для всех видов водопользования. Для их обеззараживания достаточно хлорирования.

С 2013 года происходит повышение индекса загрязнения воды до III класса качества «умеренно загрязненная». Такие воды характеризуются повышенным содержанием органических веществ, ионов хлора и аммония. Они несут в себе признаки загрязнения поверхностным стоком и бытовыми водами.

Также было произведено пространственное моделирование за 2016 год (рис.2), которое проводилось в программном комплексе MapInfo – географической информационной системе (ГИС), предназначенной для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных.

Согласно пространственному моделированию на основе данных экологического мониторинга (ИЗВ) в прибрежных точках пробоотбора 283 «3 км вглубь залива от пляжа Петрушино», 264 «Пляж Центральный», 261 «Пляж Солнечный» и 274 «Устье р. Большая Черепаха» пробы воды имеют наименьший индекс загрязнения воды из рассматриваемых выше данных. Наибольший ИЗВ наблюдается в точке 259 «В районе влияния шлакоотвала ОАО "Тагмет».

Таким образом, индекс загрязнения воды прибрежных зон Таганрогского залива на 2016 год не превышал 1,791, что соответствует III классу качества воды.

Явным преимуществом использования специализированных ГИС является возможность создания и редактирования карт, визуализации и их дизайна, создания тематических карт, пространственного и статистического анализа информации

экологического мониторинга, геокодирования, работы с базами данных, и, конечно же, вывода карт и отчетов.

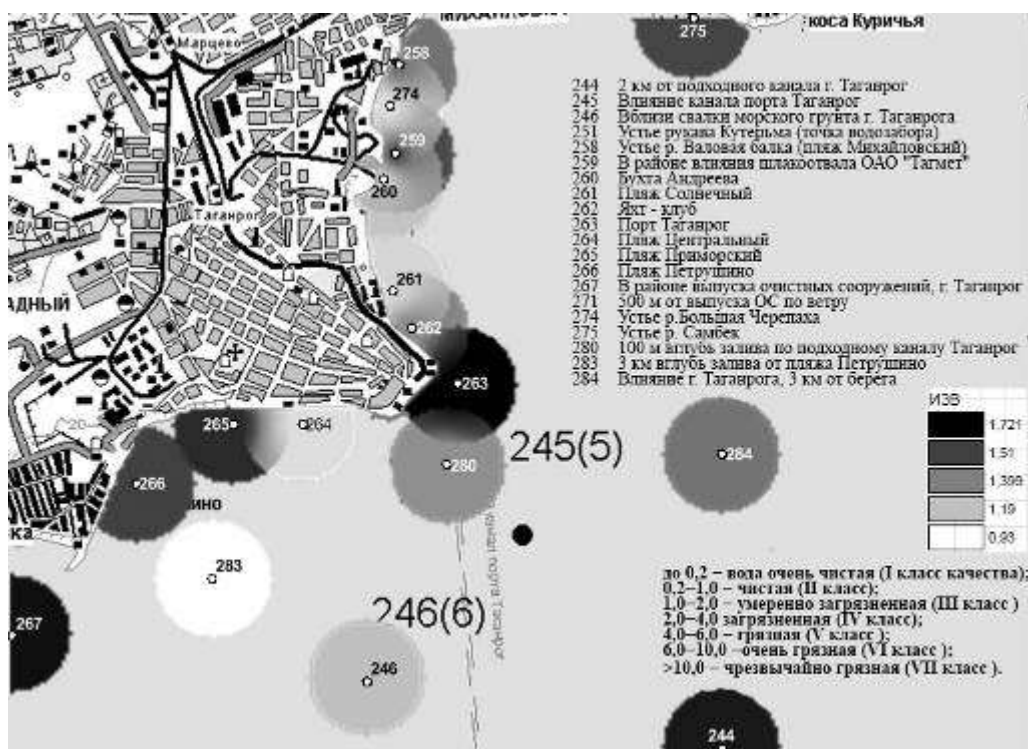


Рис. 2. Пространственное моделирование качества вод Таганрогского залива за 2016 год

Как известно, экологическое качество окружающей природной среды – способность обеспечивать функционирование экологических систем, комфортность жизнедеятельности человека и сохранность физико-географической основы территориальных природоресурсных комплексов.[1] Иными словами, в данном случае, это можно интерпретировать как прямую линейную зависимость качества водных ресурсов и комфортности проживания людей.

Если принять вышеизложенное утверждение, то оценка комфортности, в частности, связана с комплексной оценкой степени загрязненности водных ресурсов, например, по гидрохимическим показателям. Следовательно, она будет являться неким интегральным критерием, напрямую зависящим от индекса загрязнения воды. Также возможно использование других оценок, например, с использованием такого интегрального показателя качества воды как индекс токсичности, полученный методами биотестирования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что относительно данных экологического водного мониторинга, общий фонд загрязнений Таганрогского залива соответствует III классу качества воды, следовательно, районы, близко расположенные к его берегам умеренно комфортны для проживания людей.

Список литературы

1. Мухутдинова Т.З. Экономика природопользования : курс лекций / Т. З. Мухутдинова; М-во образ, и науки России, Казан, нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Изд-во Казан, национ. исслед. технол. ун-та, 2013. - 520 с.
2. Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю. Исследование биологических методов контроля для первичной оценки качества воды. //Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика (Паруса - 2016)

СИСТЕМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИК

Э. Э. ШАЯХМЕТОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье описываются этапы разработки программы для захвата движений с целью анализа поясничного отдела позвоночника.

Ключевые слова: система захвата движений, калибровка камер, триангуляция, анализ позвоночника.

Актуальность. Боль в пояснице (БВП) – проблема с которой хоть раз в жизни сталкиваются до 80% людей. По количеству пропущенных рабочих дней БВП уступает только респираторным болезням [1]. Однако, у 50-80% пациентов с БВП нет возможности определить этиологию болезни [2]. Клиницисты и исследователи, по-видимому, согласны с тем, что длительные повторяющиеся нагрузки на позвоночник, связанные с неправильным положением и движением человека приводят к развитию и сохранению БВП [3].

Ходьба – это деятельность, которая часто повторяется на протяжении всего дня. Нарушения походки могут способствовать функциональным ограничениям, инвалидности и появлению болей у людей с БВП. Исследования говорят о том, что люди с БВП предпочитают передвигаться медленнее [4]. Так же результаты, связанные с исследованием кинематики ходьбы, показывают, что испытуемые с БВП имеют меньший угол поворота поясничного отдела, чем у испытуемых без БВП, причем у всех испытуемых с БВП была зафиксирована большая амплитуда движения верхнего поясничного отдела и маленькая амплитуда движения нижнего поясничного отдела в фронтальной и горизонтальной плоскостях [5].

В настоящее время кинематические характеристики поясничного отдела позвоночника, а также позвоночника в целом, можно получить с помощью систем захвата движений (Motion capture system). На информативные точки поясничного отдела крепятся отражающие маркеры, после чего с помощью нескольких камер определяются позиции маркеров в пространстве в каждый момент времени. Точность таких систем обычно меньше одного миллиметра [6].

Цель работы. На сегодняшний день существенным недостатком систем захвата движений является высокая стоимость. Поэтому целью данной работы стала разработка программы для захвата движений в которой вместо специализированных камер использовались бы обычные веб-камеры, поддерживающие высокие разрешения и частоты кадров.

Основной функционал программы должен включать:

1. Совместную работу 2-х или более веб-камер;
2. Калибровку внутренних параметров каждой камеры (intrisic parameters);
3. Стерекалибровку 2-х или более веб-камер (extrisinc parameters);
4. Триангуляцию точек.

Совместная работа нескольких камер в программе осуществляется с помощью многопоточности. На данном этапе возникает проблема асинхронного захвата кадров с камер.

Под внутренними параметрами камеры понимаются искажения дисторсии изображения, вызываемые округлой формой линзы, расположение принципиальной точки и величина фокусного расстояния. Внутренние параметры для каждой камеры свои и не меняются пока зафиксированы фокусные расстояния, поэтому внутренние параметры камеры калибруются один раз. Обычно такая калибровка проводится с помощью многократной съемки несимметричной шахматной доски с известным размером стороны квадрата.

Стереокалибровка камер обычно выполняется за счет многократной съемки некоторого калибровочного шаблона, на изображении можно легко выделить ключевые точки, для которых известны их относительные положения в пространстве. Далее составляются и решаются системы уравнений, связывающие координаты проекций, матрицы камер и положения точек шаблона в пространстве. Целью стереокалибровки является вычисление положений камер относительно друг друга или мировой системы координат.

Заключительным этапом является триангуляция. Под триангуляцией понимается вычисление 3D координат маркеров в пространстве относительно одной из камер или мировой системы координат. Результат триангуляции изображен на рис. 1.

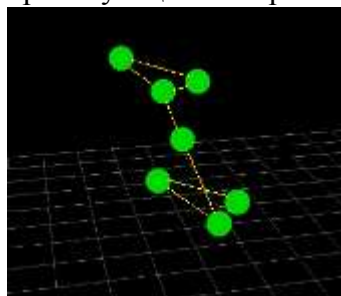


Рис. 1. Результат триангуляции информативных точек позвоночника (правое плечо ниже левого).

Оценка полученных результатов. Для оценки точности стереосистемы были измерены два показателя:

1. Ошибка репроекции (reprojection error);
2. Стандартное отклонение длины тестового объекта.

В результате были получены зависимости на рис. 2, 3.

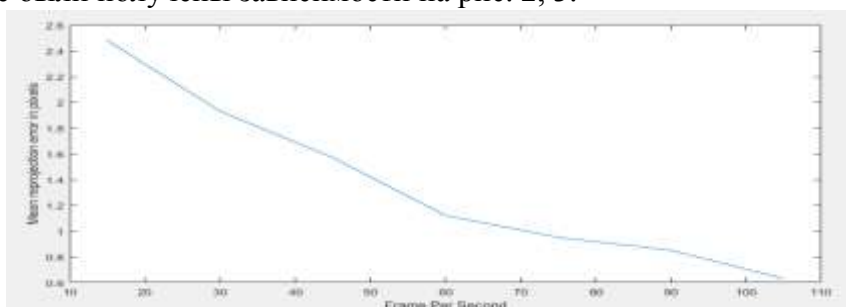


Рис. 2. Зависимость reprojection error от частоты кадров.

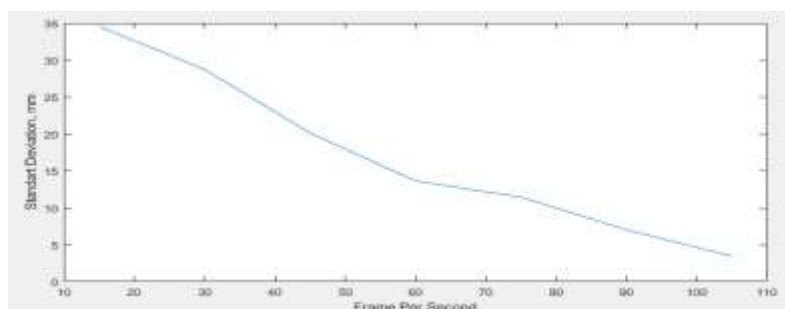


Рис. 3. Зависимость стандартного отклонения длины тестового объекта от частоты кадров.

Поскольку видеопоток с двух камер идет асинхронно, увеличивается погрешность на низких частотах дискретизации (до 30 Гц) из-за запаздывания кадра с одной камеры. На высоких частотах временное различие между кадрами уменьшается, что приводит к более точным измерениям. Так же на точность измерения влияет разрешение изображения.

Полученные выше результаты справедливы только для захвата положения в динамике.

При захвате статического положения ошибка асинхронности отсутствует и определяется только точностью калибровки камеры.

Список литературы

1. Andersson G.B. Epidemiological features of chronic low-back pain. Lancet. 1999.
2. Hart L.G. Physician office visits for low back pain. 1995.
3. Karayannis N.V. Physiotherapy movement based classification approaches to low back pain: comparison of subgroups through review and developer/expert survey. 2012.
4. Lamothe C.J. Effects of attention on the control of locomotion in individuals with chronic low back pain. 2008.
5. Muller R.G. Low back pain affects trunk as well as lower limb movements during walking and running. 2015.
6. Hartley R.J., Zisserman A.G. Multiple View Geometry in Computer Vision. 2004.

PIEZOPLANT: AN INNOVATIVE ALTERNATIVE FOR MEASURING PLANTAR PRESSURE

ZEGALO, ALEJANDRO, ZAPATA LEANDRO, CHERNIZ ANALÍA, CATALFAMO PAOLA

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Entre Ríos

Abstract. Plantar pressure is a powerful indicator in the diagnosis of diseases related to gait and posture. The asymmetric distribution of the weight of the body between both legs triggers subsequent complications that affect the health of people. This project proposes a prototype that can become a viable alternative to measure this pressure, at an accessible cost. In this work, Velostat® is the piezoresistive material used as a pressure transducer. A system was made to try to quantify this pressure, so that it can be a gateway to future developments. At the time of data acquisition, an Arduino® system was implemented. It was connected to MatLab® in order to graphically report the results. Finally, protocols were established that allowed a qualitative evaluation of the designed system. The results reported in graphs clearly show the functionality of the same while the different tests form a basis for further work.

Key words: Plantar pressure, Velostat, Arduino, Matlab, asymmetric weight distribution, prosthesis.

INTRODUCTION - The vast majority of people who use prostheses have at least one alteration in their progress due to a bad adjustment or alignment in the placement of the prosthesis, lack of proper training, bad habits, etc. Over time it can trigger degenerative diseases such as osteoporosis, osteoarthritis and pain after starting to use the prosthesis. Taking this into account, it is evident that the difference in the discharge of pressure between the two lower extremities is an

indicator that can be useful in the rehabilitation and prevention of future discomforts of people with lower limb amputations.

MATERIALS AND METHODS - To make the pressure sensors, the Velostat® material was used, which is a packaging material made of a polymeric sheet (polyolefin) impregnated with carbon black (product of the incomplete combustion of petroleum products) that makes it electrically conductive. It is used for the protection of elements or devices susceptible to damage by electrostatic discharge. It was developed by Custom Materials, which is now part of 3M1. Due to its property of resistance change with pressure and / or flexion (piezoresistive), it has become popular among people experimenting with electronics as a hobby for the realization of low-cost sensors for applications with microcontrollers.

Taking into account the findings of the study of the Advanced Age Laboratory (SAFE) of the Beth Israel Deaconess Medical Center [1], the location of the pressure transducers was determined. According to the analysis of the differences in the distribution of plantar pressure (FPD) between the two groups studied, we can infer that both the calcaneus zone and the zone of the first, second and third metatarsals bear the greatest pressures compared to the other anatomical areas. . Because this work proposes the realization of a prototype, which could be improved in the future for the measurement of plantar pressure online during the march, four transducers were developed (two for each foot, figure 1).



Figure 1. Location of transducers in this development.

For the conditioning of the sensor, 4 stages were proposed: entrance and adapter for impedance, pre-amplification, amplification and offset correction and filtering stage (figure 2).

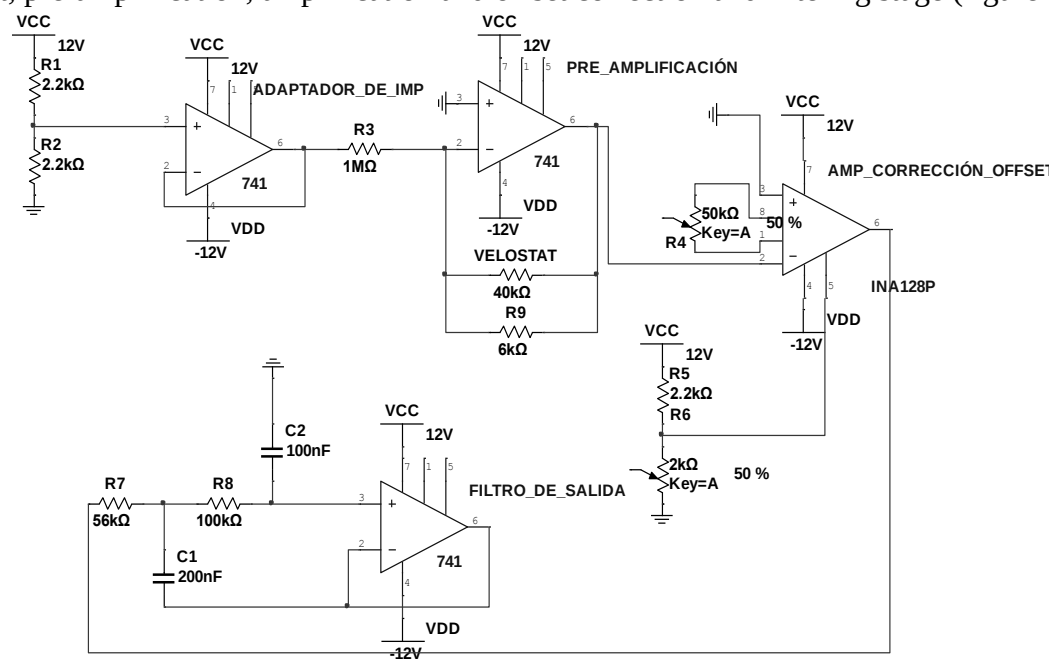


Figure 2. Complete circuit of sensor conditioning.

The acquisition was made in this instance through the MEGA® development board of the Arduino company. However, it could be done through other boards such as the Arduino-based, FLORA board®. The latter has four pins for analog reading and an ergonomic design, as well as light that allows it to be used in "wearable" (electronic integrable to clothing) ventures.

The flow chart shown in Figure 3 corresponds to the MatLab® code used to perform the acquisition of the signals

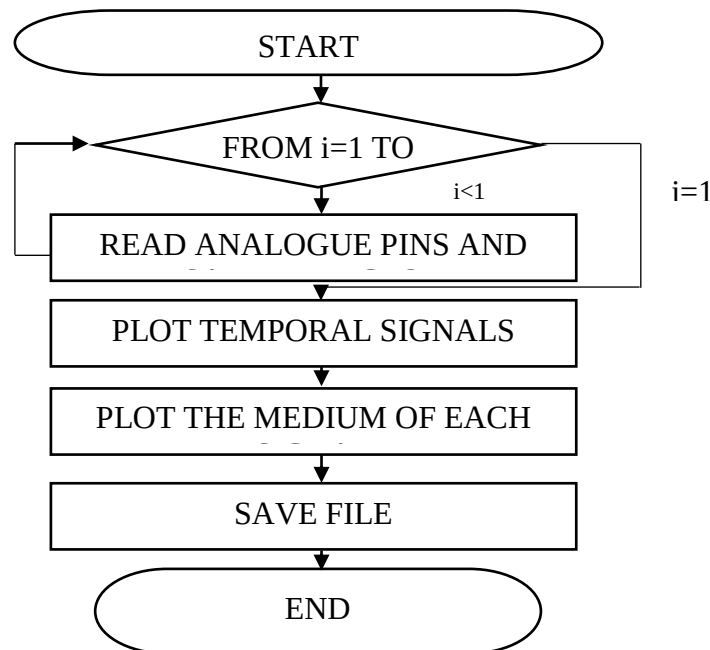


Figura 3: Block diagram of the MatLab® code used in the acquisition.

With the established circuit, 4 tests were performed to evaluate its operation.

Repeatability test: This protocol consisted of obtaining the output function by loading with weights. After loading, the transducer was discharged and 30 minutes were waited to repeat the process. The objective of this test is to corroborate that the system can operate continuously and reliably for an acceptable period of time.

Drift test: Weights were placed on the sensors in the following way: 1000 g on each sensor on the left foot, 500 g on the metatarsal sensor on the right foot and 1500 g on the heel sensor on the right foot. This was done in order to evaluate if the resistance of the material is modified before a fixed load for a long time.

Function test: This test consisted of measuring the voltage output with the transducer without any weight in the first place. After that, 4000 g were placed on it and measured again. Finally, 2000 g were positioned on the sensor (having removed the previous load) and the output was observed once more. In this way the voltage output with 2000 g must be in the middle of the excursion determined by the maximum and minimum load.

Preliminary tests on subjects: Similar to the performance test, when testing subjects, the procedure was as follows: first, the subject had to stand on one foot on both sensors on the left foot. Then, the same thing was repeated with the right foot. Finally, he stood with both feet.

RESULTS AND DISCUSSION - One of the main problems that was presented to us when working with this material was its great variability in resistance. The latter was modified even keeping the rest of the variables constant, be it length of the conductor, metallic paper on the

transducer and size of the same (manipulated by us). This is the reason why the circuit for conditioning the transducer has potentiometers that allow offset and gain to be varied. They were used daily to adjust the signal to these variations of the material.

Another issue that generated complications at the time of conditioning the material was the fact that before transducers of equal surface and thickness (cut from the same sheet of Velostat®), different values of resistance were always obtained, which leads to discrete variations. Inks between the transducers, both when placing weight and the daily intrinsic variations recorded.

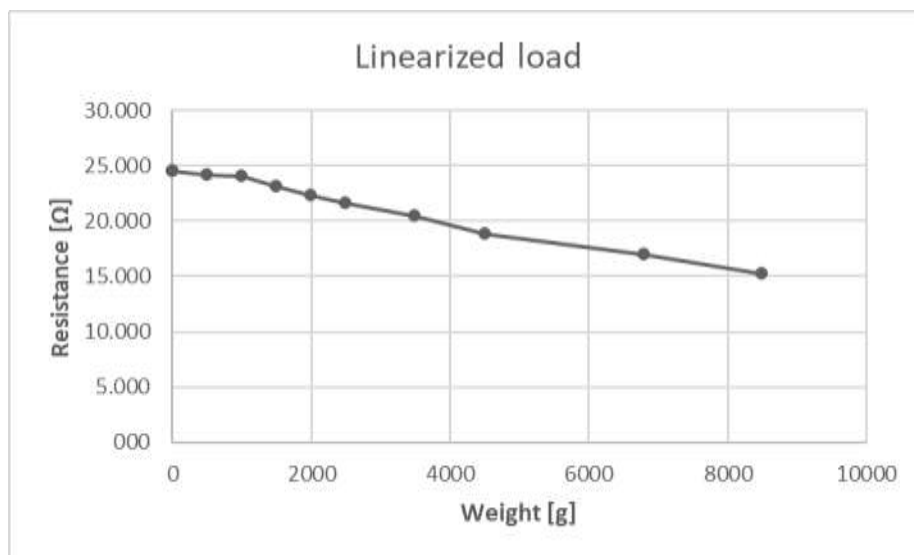


Figure 4: Graphic of the response of the linearized sensor to the load with the transducer coated in aluminum foil.

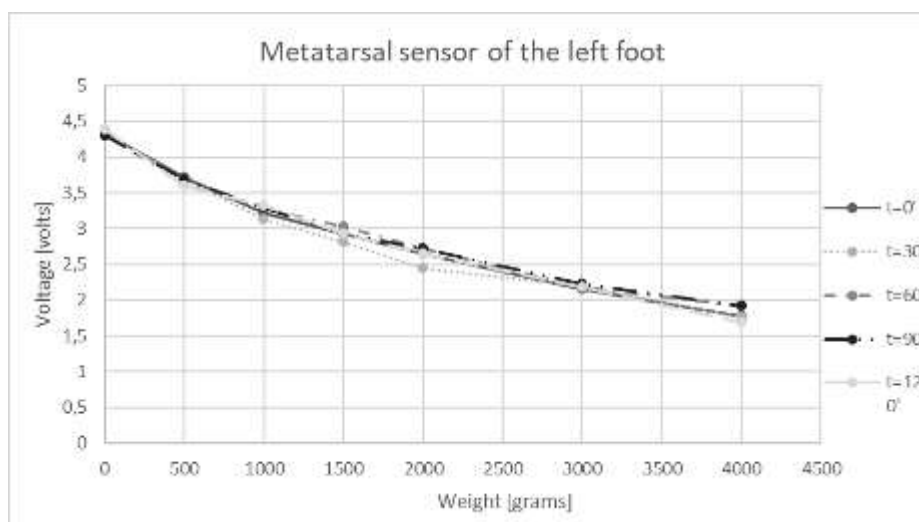


Figure 5: Curves corresponding to the repeatability test.

By means of the tests carried out, it can be deduced that Velostat® piezo-resistive material was implemented as a pressure transducer.

The objective of the realization of a prototype that allows the acquisition of plantar pressure signals was achieved successfully. The record of the plantar pressure signal and its subsequent visualization did not present complications. The response speed of the transducer for the use that was thought (static tests) is more than enough: this means that instantaneously, the material re-

sponds to the applied pressure reaching its final value. A deeper study of the material and of the variations inherent to it remains open to the future.

As for checking the performance of the prototype in test subjects, it can be said that this objective was achieved through qualitative tests. The different ways of positioning the feet on the prototype (stepping with only one foot, with both, only supporting the metatarsal area or only the heels) were reproducible by means of the graphics through the signal obtained from each sensor. Finally, the main objective proposed in the project: to determine the difference in pressure relief between both legs by using the Velostat® piezoresistive material, could not be achieved in a way that is reproducible between tests. However, the information obtained is quite rich considering the scarcity of scientific work and research on the use and properties of this material, showing that this type of development is at an early stage.

References List

[1] Hessert, M. J., Vyas, M., Leach, J., Hu, K., Lipsitz, L. A., & Novak, V. (2005). Foot pressure distribution during walking in young and old adults. BMC Geriatrics, 5, 8. <http://doi.org/10.1186/1471-2318-5-8>

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОННОГО ОБМЕНА В КОМПЛЕКСАХ С УЧАСТИЕМ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

С.А. ЫБРАХИМ, А.Ф. КУРМАНОВА, И.А. ПУСТОЛАЙКИНА, К.Ж. КУТЖАНОВА

КарГУ им.Е.А.Букетов

Аннотация. Квантово-химическим методом PM6 в неограниченном хартрифовском приближении UHF проведено исследование процесса межмолекулярного протонного обмена ортозамещенного семи-хинонного радикала 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с салициловой кислотой и ее замещенных аналогов – сульфосалициловой и ацетилсалициловой кислотой. Установлены геометрические и кинетические параметры процесса.

Ключевые слова: протонный перенос, салициловая кислота, расчет внутренней координаты реакции, квантово-химические расчеты

В ранних работах [1] исследователями во главе с профессором Масалимовым А.С. были рассмотрены реакции межмолекулярного протонного обмена 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила (СР I) с некоторыми производными ароматических кислот в среде диоксана. Методом динамической ЭПР- спектроскопии установлено, что в случае реакции протонного обмена с салициловой кислотой, по сравнению с другими замещенными производными бензойной кислоты, скорость процесса замедляется из-за наличия внутримолекулярной водородной связи между карбоксильной и гидроксильной группами.

Позднее, при исследовании влияния заместителей в бензольном кольце кислоты на скорость реакции протонного обмена, на примере производных салициловой кислоты, показано, что решающим фактором влияющим на скорость реакции межмолекулярного протонного обмена оказывается наличие внутримолекулярной связи в молекуле [2]. В частности, введение сульфогруппы в молекулу салициловой кислоты не приводит к существенным изменениям в кинетических характеристиках реакции. При замене гидроксильной группы на ацетильную происходит некоторое снижение удельной скорости реакции и повышение активационного барьера процесса.

Исследования были продолжены с использованием квантовохимических методов в полуэмпирическом неограниченном хартрифовском приближении РМ6, которое хорошо зарекомендовало себя при описании протолитических процессов с участием замещенных оксифеноксильных радикалов. Интерес представляет моделирование процесса межмолекулярного обмена протонами между салициловой кислоты и ее производными с 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксилом.

На первом этапе исследований были получены оптимизированные структуры исследованных ранее методом динамической ЭПР-спектроскопии объектов - салициловой, сульфосалициловой и ацетилсалициловой кислот: установлены их равновесные геометрические параметры и энергетические характеристики. Проведен анализ зарядовых значений на атомах и установлены наиболее вероятные реакционные центры. Полученные данные хорошо согласуются с устоявшимися представлениями о реакционной активности водорода карбоксильной группы замещенных фенолов.

Далее было проведено моделирование межмолекулярных протолитических процессов в комплексах циклического типа с ортозамещенным семихинонным радикалом. Как видно из рисунка 1, при полной оптимизации всех геометрических параметров системы, наибольшей кинетической стабильностью обладают соединения, в которых водород карбоксильной группы координирован относительно радикального атома кислорода. В то же самое время втородный атом оксигруппы радикала ориентирован на кислород карбонила алифатической кислоты.

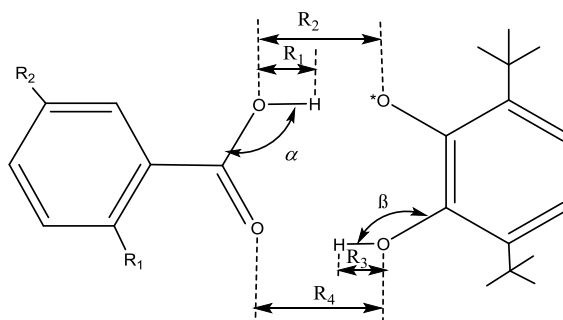


Рисунок 1. Комплекс за счет водородной связи 3,6-дипрет.бутил-2-оксифеноксила и ряда замещенных аналогов бензойной кислоты: салициловая кислота $R_1 = \text{OH}$, $R_2 = \text{H}$; ацетилсалициловая кислота $R_1 = \text{CH}_3\text{COO}$, $R_2 = \text{H}$; сульфосалициловая кислота $R_1 = \text{OH}$, $R_2 = \text{SO}_2\text{OH}$

Как показывают полуэмпирические квантово-химические исследования, введение заместителей оказывает влияние на геометрические параметры комплексов образованных за счет водородной связи с ортозамещенным семихинонным радикалом (таблица 1).

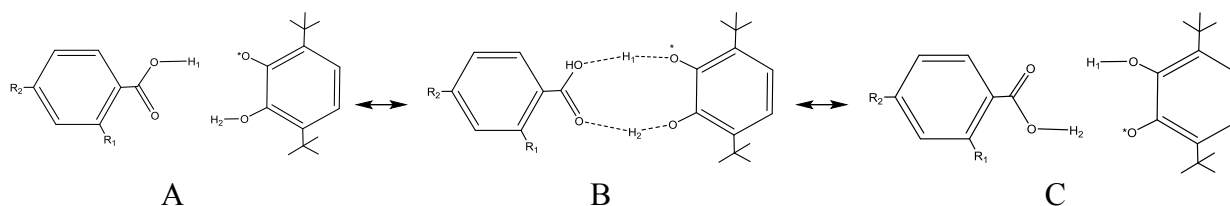
Таблица 1

Геометрические параметры комплексов 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с некоторыми производными салициловой кислоты

Кислота	α , град	β , град	R_1 , Å	R_2 , Å	R_3 , Å	R_4 , Å
Салициловая кислота	112,000	118,699	0,97719	2,70840	0,98330	2,68982
Сульфосалициловая кислота	112,898	113,915	1,02161	2,84677	1,04014	2,757800
Ацетилсалициловая кислота	112,836	111,893	1,01872	2,86652	1,04623	2,67940

Анализ данных представленных в таблице показывает, что введение электроноакцепторных ориентантов 2 рода увеличивает как межатомные расстояния так и угловые параметры на реперных атомах производных бензойной кислоты в межмолекулярных комплексах.

Благодаря возможностям квантово-химического программного пакета Gaussian09W и его графического драйвера GaussView 5.0.9 используя технологии IRC расчетов нами проведено моделирование межмолекулярного протонного переноса согласно схеме:



Данная методика включает в себя последовательно несколько предварительных этапов. Первоначально рассчитываются геометрии молекулярных структур начального (A) и конечного (B) состояния предполагаемого процесса. Далее рассчитывается переходное состояние (C). И в заключение расчет «внутренней координаты реакции» (intrinsic reaction coordinate – IRC). Хотя реакционная координата не соответствует любой действительной траектории на данной ППЭ, тем не менее, она дает наиболее вероятный путь, около которого проходят многие реальные траектории. В сочетании с рассчитанной геометрической структурой переходного состояния вычисления внутренней координаты реакции обеспечивают эффективный метод апробирования основных областей поверхности потенциальной энергии [3].

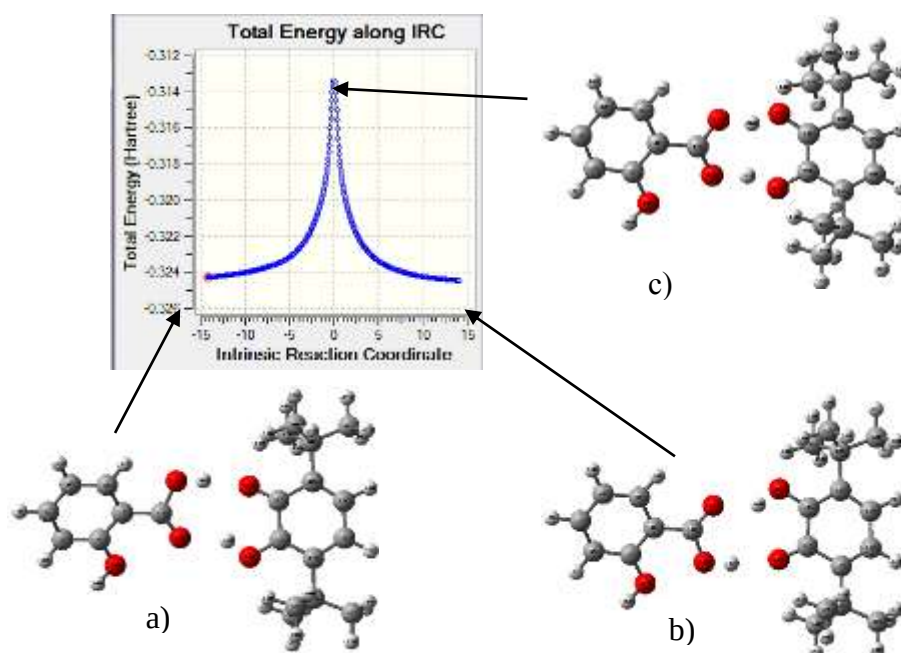


Рисунок 2. Визуализация кривой спусков по координате реакции внутримолекулярной миграции водорода в комплексе 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с салициловой кислотой: а) начальная геометрия; б) конечная геометрия; в) переходное состояние.

На рисунке 2 показаны профиль поверхности потенциальной энергии (ППЭ) межмолекулярных протонных переходов для комплекса ортозамещенного семихинонного радикала и салициловой кислоты. Как видно, исследуемый процесс сопровождается образованием интермедиата (С). Причем можно отметить, что для построения данной графической зависимости полной энергии от координаты реакции в автоматическом режиме, программой исследовано около 500 геометрических структур.

Аналогичные исследования проведены и для комплексных молекулярных структур сульфосалициловой и ацетилсалициловой кислот. Установлены активационные характеристики (ΔE_1 – для прямого и ΔE_2 – для обратного процесса) как разностные значения между значениями отвечающими энергии исходного состояния (E_1) либо конечного состояния (E_2) и энергией максимальной точки ($E_{\max}$). Проведен анализ экстремальных точек кинетических зависимостей и полученные характеристики сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Кинетические параметры протонного обмена 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с ароматическими кислотами

№ п/п	Кислота	E_1 , а.е.	$E_{\max}$, а.е.	ΔE_1 , а.е.	E_2 , а.е.	ΔE_2 , а.е.
1	Салициловая	-0,3242815	-0,313377	0,0109045	-0,3244613	0,0110843
2	Сульфосалициловая	-0,52219227	-0,51158731	0,010605	-0,52193570	0,01034839
3	Ацетилсалициловая	-0,3938497	-0,3829568	0,010893	-0,3931993	0,0102425

Полученные результаты показывают, что энергия активации прямого процесса межмолекулярного протонного обмена в случае сульфосалициловой кислоты минимальна, а для салициловой кислоты принимает максимальное значение. В то же время, полуэмпирические исследования предсказывают превышение значения ΔE_1 для салициловой кислоты (≈ 30 Дж) по сравнению с ацетилсалициловой. В то же время значение ΔE_2 в рассмотренном ряду кислот монотонно убывает. Разночтения проводимых нами исследований с экспериментом можно объяснить отсутствием учета влияния среды.

Список литературы

1. Нургалиев Н.У., Стадник И.Л., Никольский С.Н., Масалимов А.С., Исследование реакции протонного обмена 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с ароматическими кислотами методом ЭПР-спектроскопии, Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030»», Караганда, 2004, вып.1, с.420
2. Гринина Л.Л., Нургалиев Н.У., Никольский С. Н., Масалимов А.С. ЭПР-спектроскопическое исследование кинетики протонного обмена 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила с некоторыми производными салициловой кислоты. // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. по актуальным проблемам экологии. – Караганда, 2004. – С.134 -136.
3. Fukui K. Formulation of the reaction coordinate / K. Fukui // J. Phys. Chem.-1970.- V. 74, No. 23.- P. 4161-4163.

ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

ГИБРИДНЫЕ ПЕРОВСКИТ-ПОЛИМЕРНЫЕ СВЕТОДИОДЫ, ИЗЛУЧАЮЩИЕ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

С.С. АНОШКИН¹, А.П. ПУШКАРЕВ²

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики

Аннотация. Исследование тонкопленочных перовскит-полимерных оптоэлектронных устройств является актуальным, поскольку они объединяют преимущества твердотельных полупроводниковых материалов, возможность управления фотофизическими свойствами гибридных сред путем бесчисленных синтетических модификаций их компонентов и простые коммерчески доступные технологии изготовления. Вместе с этим, разработка электролюминесцентных материалов, способных эффективно генерировать узкополосное излучение синего, зеленого и красного цветов, очень важна для создания RGB светодиодных дисплеев нового поколения.

Ключевые слова: перовскит, светодиоды, *pero*-LED.

Перовскиты имеют кристаллическую структуру, состоящую из пяти атомов в элементарной ячейке (ABX_3) (рис. 1), где катион А расположен в углу, металлический катион В в центре, а галоидный анион X в центре шести плоскостей, и эта структура определяет их уникальные оптоэлектронные свойства.

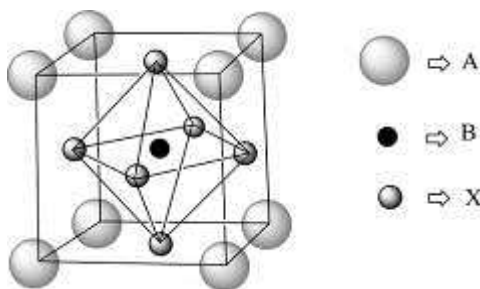


Рис. 1. Кристаллическая структура перовскита

Из-за очень узкого спектра (полная ширина на уровне половинной амплитуды ≤ 20 нм) и широкого диапазона длин волн ($400 \text{ нм} \leq \lambda \leq 780 \text{ нм}$), перовскиты выглядят многообещающе в качестве светодиодов с высокой чистотой цвета, которые могут преодолеть проблемы, присущие традиционным органическим и неорганическим излучателям на квантовых точках. В течение последних двух лет перовскиты уже продемонстрировали огромный потенциал в светодиодах, показывая высокую эффективность электролюминесценции, сопоставимую с органическими светодиодами и светодиодами на квантовых точках.

Перовскитные светодиоды (*pero*-LEDs) работают по отличному от органических и неорганических аналогов (OLED, LED) принципу. Приложенное к электродам напряжение создает сильное электростатическое поле внутри структуры, вызывающее частичную диссоциацию перовскита на катионы и анионы, дрейфующие в электролите полиэтилен оксид

(PEO) в направлении к катоду и аноду, соответственно. Таким образом формируется р-і-п диод, в котором носители заряда беспрепятственно инжектируются с электродов в гибридный слой и рекомбинируют в области собственного полупроводника – перовскита (рис. 2).

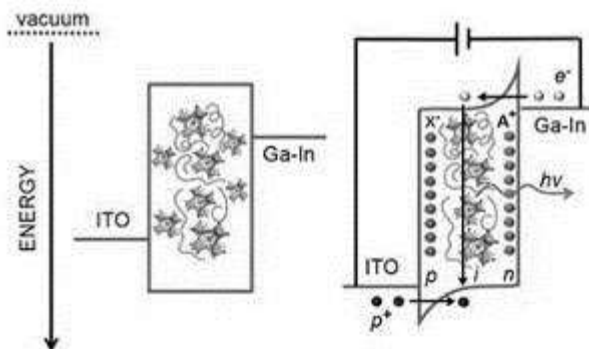


Рис. 2. Принцип работы pero-LED на основе перовскит-полимерного композита

Для перовскитных светодиодов (pero-LEDs) на основе структур типа ABX_3 (A = метиламмоний (MA^+), формамидин (FA^+), Cs^+ ; $B = Pb^{2+}, Sn^{2+}$; $X = Cl^-, Br^-, I^-$) рекордные характеристики (яркость более 500 000 кд/м² при напряжении 3.8 В, внешняя квантовая эффективность электролюминесценции (ЭЛ) около 10%) достигнуты для устройств на основе эмиттеров зеленого света.

В ходе исследования были получены тонкие пленки на основе перовскитов $CsPbBr_3$, PEO и поливинилпирролидона (PVP). Методом допирования из паровой фазы HCl были получены пленки $CsPbX_3:PEO:PVP$ ($X = Cl_{1-y}Br_y$). Состав композитов обусловлен несколькими причинами:

1) Хлорид свинца-цезия проявляет интенсивную узкополосную фотолуминесценцию (ФЛ) при 420 нм. Перечисленные бром-содержащие смешанные галоидные перовскиты демонстрируют узкополосную (с шириной пика на полувысоте равной 12-17 нм) ФЛ и ЭЛ в синем спектральном диапазоне.

2) Цезиевые перовскиты типа $CsPbX_3$ показывают хорошую химическую стабильность, устойчивы к воздействию влаги, термической обработки и УФ облучения.

3) Полиэтилен оксид - одна из наиболее популярных полимерных матриц для изготовления светоизлучающих устройств с органическими и металлоорганическими производными, играющая роль твердого электролита.

4) Поливинилпирролидон повышает дисперсию зерен $CsPbX_3$ в полимерном композите, улучшая морфологию тонких пленок $CsPbX_3:PEO:PVP$.

Для нанесения наноразмерных пленок на стеклянные подложки со слоем оксида индия-олова (ITO) использовался растворный метод spin-coating. ЭЛ пленок была протестирована на однослойных структурах ITO/ $CsPbBr_3:PEO:PVP$ (100:50:5 wt.)/In-Ga с целью выявления наилучшей морфологии композитного слоя для создания эффективных светодиодов. Нанесение In-Ga электрода производилось в перчаточном боксе с атмосферой азота (рис. 3).

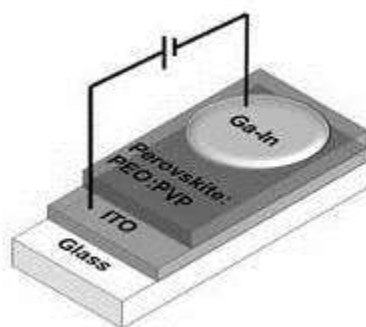


Рис. 3. Структура *pero*-LED на основе перовскит-полимерного композита

Наилучшие электролюминесцентные характеристики ($\lambda_{em} = 525$ нм, яркость 49 800 кд/м² при токе 70 мА и приложенном напряжении 6 В) проявило устройство на основе пленки, термически обработанной при 200 °С (рис. 4).

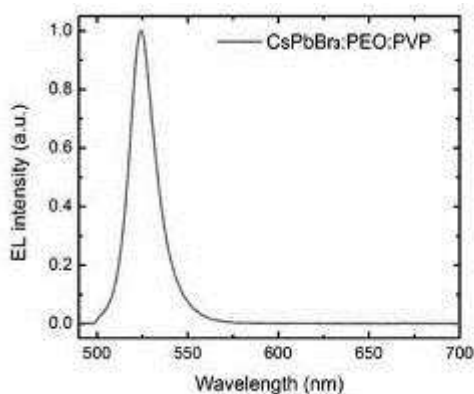


Рис. 4. Характеристика ЭЛ *pero*-LED на основе перовскит-полимерного композита

Список литературы

1. Фамилия автора, инициалы. Название статьи, книги и других информационных материалов. (стиль – «Список литературы»)
2. Автор. Название (стиль – «Перечень литературы»)
1. Metal halide perovskite nanomaterials: synthesis and applications/ J. Xing et al. // ASC Nano. 2016, вып. (№) 10. С. 6623.
2. Ultra-bright and highly efficient inorganic based perovskite light-emitting diodes/ X. Zhang et al.// Adv. Mater., 2017, 29, 1606405
3. Asymmetric indenothiophene-based non-fullerene acceptors for efficient polymer solar cells / S. Zhang et al.// Adv. Mater., 2017, 29, 1606600
4. Extremely low operating current resistive memory based on exfoliated 2D perovskite single crystals for neuro-morphic computing/ H. Tian, L. Zhao, X. Wang, Y.-W. Yeh, N. Yao, B.P. Rand, T.-L. Ren, ACS Nano, doi: 10.1021.
5. Ultra-bright and highly efficient inorganic based perovskite light-emitting diodes / L. Zhang et al., Nat. Commun., 2017, 8,15640
6. Single-Layer Light-Emitting Diodes Using Organometal Halide Perovskite/Poly(ethylene oxide) Composite Thin Films/ J. Li et al., Adv. Mater., 2015, 27, 5196
7. R.D. Costa et al., Angew. Chem. Int. Ed., 2012, 51, 8178 / R.D. Costa et al., Angew. Chem. Int. Ed., 2012, 51, 8178
8. Low turn-on voltage perovskite light-emitting diodes with methanol treated PEDOT:PSS as hole transport layer/ S.G.R. Bade et al. //Adv. Mater., 2017, 29, 1607053

9. Inorganic Halide Perovskites for Efficient Light-Emitting Diodes / J. Li et al. // J. Phys. Chem. Lett., 2016, 7, 4059
10. Organohalide Perovskites for Solar Energy Conversion/ Q. Lin, Acc. Chem. Res., 2016, 49, 545
11. Annealing Induced Re-crystallization in $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3\text{-xCl}_x$ for High Performance Perovskite Solar Cells/ Y. Yang et al. // Sci. Rep., 2017, 7, 46724
12. Reversible photo-induced trap formation in mixed-halide hybrid perovskites for photovoltaics/ E.T. Hoke et al. // Chem. Sci., 2015, 6, 613

SOLAR PANELS FOR MOBILE APPLICATIONS

P.D. BADILLO, S.L. CEPPI, S.E. MACIEL

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires

Аннотация. We propose to manufacture low power solar panels for mobile applications, with characteristics of high mechanical strength and low weight. We worked with the material for the substrate and protection against wear, breakage and atmospheric agents. Also, we worked to find methods to cut the cells with high efficiency (low loss of material) and faster ways to produce them. The goal of this project is to use them to produce new ways of charging electronic appliances, like mobile phones, tablets and notebooks, in an easy, clean, lightweight and safe way, suitable for kids and outdoor activities.

Ключевые слова: solar panels, mobile applications, clean energy, sustainable energy, sustainable engineering

Theory

Photoelectric effect

In 1905, Einstein proposed an explanation of the photoelectric effect using a concept first put forward by Max Planck that light waves consist of tiny bundles or packets of energy known as photons or quanta. The phenomenon was called photoelectric effect.

The photoelectric effect is the emission of electrons or other free carriers when light shines on a material. The number of electrons emitted depends on the amount of light applied over the material. In this kind of materials, the released electrons have enough energy to go through an external circuit and generate an electric potential difference. This force could be used to generate an electric work. The efficiency of a photovoltaic device depends on the selection of the materials and the external circuit components.

Photovoltaic cell

The photovoltaic cell is the basic block of a photovoltaic solar panel. The cell could be considered as a two terminals device which conducts current as a diode in total darkness and when is illuminated generates voltage and current over a load externally connected. Usually, a thin layer of semiconductor material is used forming a P-N junction of approximately 250 nm to 350 nm thickness to convert photovoltaic energy into electrical energy (Figure 1). The surface is treated so that it reflects as little light as possible and its appearance is dark blue or black. Has a pattern of metallic contacts on its surface to connect it electrically.

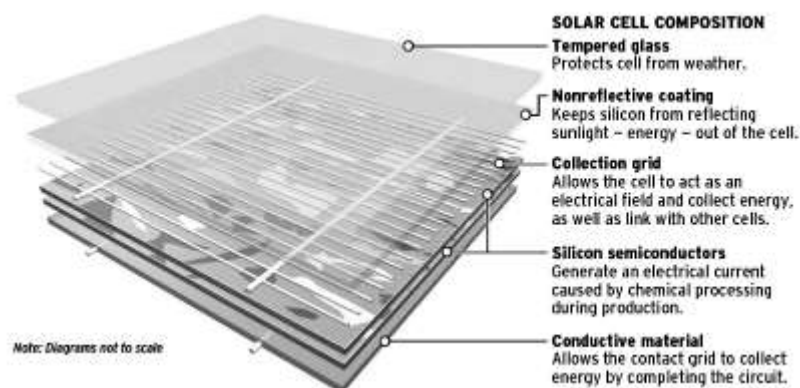


Figure 1. Solar cell

The generated current is superimposed on the curve I-V of a rectifying diode. Power can be obtained from the device in the region of the fourth quadrant.

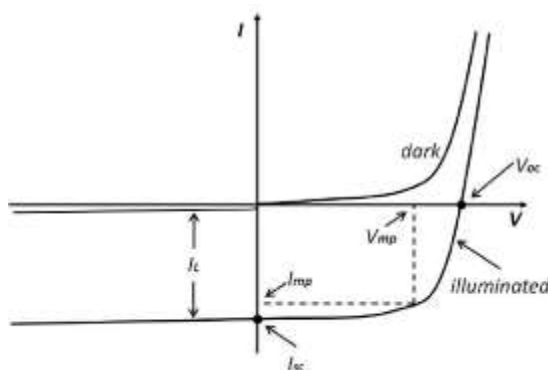


Figure 2. Curve I-V of a solar cell.

When it is illuminated by the sun, it generates a voltage from 0,5 to 1 Volt open circuit and, in short circuit, a current of a few tens of milli-Amperes per cm^2 . Although the current is reasonable, the voltage is too small for most applications. To produce levels of useful voltages, the cells are connected in series and encapsulated in panels. A panel typically contains 28 to 36 cells in series to generate an output voltage of 12V under standard lighting conditions (Figure 3(d)). The 12 V panels can be used independently, or connected in parallel and series forming a matrix with higher current and output voltage, according to the power demanded by the application (Figure 3(c)). Cells inside a panel are integrated with bypass diodes and blocking diodes in order to avoid the total loss of power that would result if a cell in the series failed. Panels within a matrix are similarly protected. The matrix, which is also called the photovoltaic generator, is designed to generate power at a certain current and voltage, which is usually a multiple of 12 V, under standard lighting conditions. For most applications, lighting is too variable for efficient operation all the time and the photovoltaic generator must be integrated with a charge storage system (battery) and with components for power regulation (Figure 3(b)). The battery is used to store the energy generated during the sunny periods and the conditioning of the power ensures that the power supply is stable and less sensitive to variations in solar irradiation. The engineering of photovoltaic systems depends to a large extent on the characteristics of each cell individually.

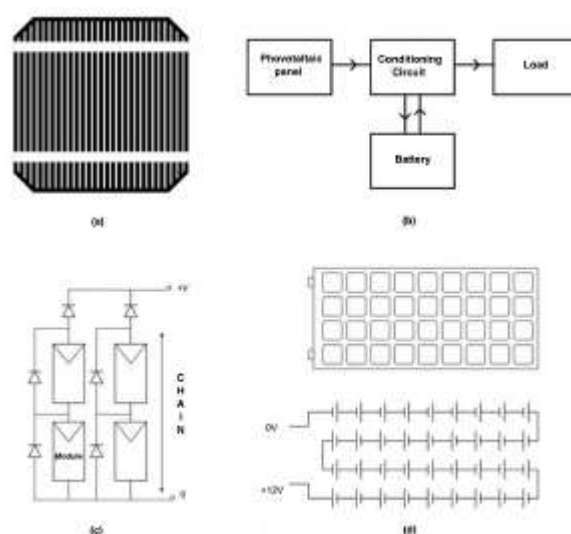


Figure 3. Cells and photovoltaic panels.

Important solar cell parameters

Open circuit voltage, V_{OC} : The voltage developed by a solar cell when the terminals are isolated (infinite load resistance)

Short circuit current, I_{SC} : It is the current delivered when the terminals are connected together. For any intermediate load resistance R_L , the cell develops a voltage V between 0 V and V_{OC} and delivers a current I so that $V = I \cdot R_L$, where $I(V)$ is determined by the characteristic curve $I-V$ of the cell for a certain irradiance. The current is approximately proportional to the illuminated area. The J_{SC} current density is used to make comparisons.

Maximum power point, $V_{MP} - I_{MP} - P_{MAX}$: It is the point in the characteristic curve $I-V$ in which the power delivered by the cell is maximum (Figure 4).

Filling factor, FF (Fill Factor): The short-circuit current and the open-circuit voltage are the maximum currents and voltages of a solar cell. However, at these operating points, the power delivered by the solar cell is zero. The Filling Factor, better known by the abbreviation of its acronym in English FF, is a parameter that together with V_{OC} and I_{SC} determines the maximum power that a solar panel can deliver. The FF is defined as the ratio between the maximum power that the panel can deliver and the product of V_{OC} and I_{SC} .

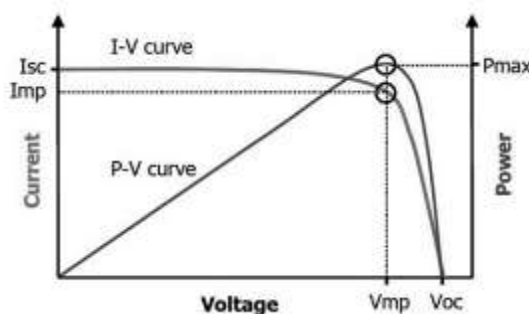


Figure 4. Important solar cell parameters

Selection of the components of the solar panel

Substrate

The substrate used is a material composed of two aluminum plates of approximately 0.5 mm thickness thermo-fixed to a polyethylene base without using any type of glue. The base material is free of air voids and does not contain foam insulation material. It has good mechanical resistance, low weight and low thermic expansion coefficient. The thickness of the substrate is 3 mm.

Front protection

Initially, it was decided to perform the protection against moisture and shock with an epoxy resin, but this type of resin deteriorates when in prolonged contact with the sun. For this reason it was decided to use a bi-component polyurethane resin that has UV protection.

Cell Selection

The cell was selected according to the technologies available in the market seeking maximum efficiency. Some of its technical data can be seen on Table 1.

Table 1 – Physical and electrical characteristics of the solar cells used

Manufacturer	BigSun 1920
Material	Mono-crystalline Silicon
Dimensions	6"x6"
Efficiency	19,20%
Maximum power	4,6W
V_{MP}	0,539V
I_{MP}	8.529A
V_{OC}	0,639V
I_{SC}	9.063A

Development

Design

At first, we have to meet some design constraints. First, the panels must be small and light weight enough to carry, but also resistant. Second, it has to have enough voltage to charge the batteries. And last, we have to choose some way to cut the cells so we have low loss and fast cutting, and also we need to get cells with the same area, to get the most of the power out of them.

The first constrain was overridden using the aforementioned substrate and front protection, instead of the most widely used glass.

The two last constraints were solved trying to get the most of the cutting of the cells.

The inequality when cutting cells brings with it complications in the production of the panel in quantity, the cost analysis showed as a result that it was more profitable to machine them in the same way to all the fractions despite wasting the break zones at the ends of the cells.

At the same time, working with the same long and high fractions measures added to the precision gained with the diamond disc cutting method, allows to take better advantage of the available area. In conclusion of the aforementioned, the final version of the panel designed for the prototype is shown below:

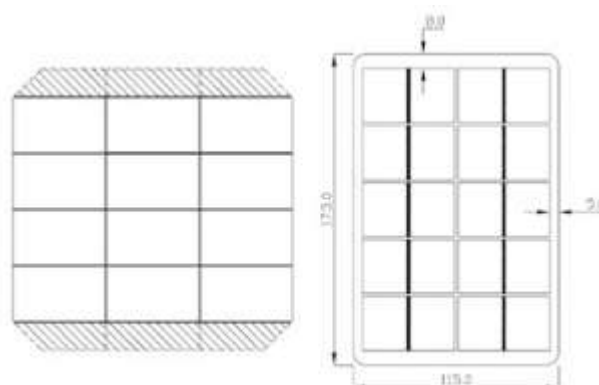


Figure 5. Design of the panel and cutting of the original cell

The fraction of the cell has an area of 1548,1 mm² and a theoretical power of 0,3W:



Figure 6. Cut fraction of a cell

Solar cell cutting

The cutting of the solar cells is a delicate operation since they are very fragile. It must be done with extreme care to avoid producing fractures in the material and having to discard the damaged parts, and often entire cells.

Different methods have been tested, like diamond cutter, glass cutter, and diamond cutting disk, and we decided to choose the diamond cutting disk, as it was the one which allows quick cuts and without major inconveniences. The cut produces less waste than the diamond cutter and with smaller fractures.

Obtained power calculations

The theoretical calculations were made from the information provided by the manufacturer of the cells and their area. After tests carried out, it was found that approximately 33% of potency is lost by applied resin and edge effect in the cuts:

Table 2 – Power obtained

Device	Area	Theoretical Power	Actual Power obtained
	mm ²	W	W
Full cell	23824,0	4,60	3,07
Fraction of cell	1548,1	0,30	0,20
1 Panel	15481,4	2,99	2,00

Finished prototype



Conclusions

We tried and replaced the classic way the panels are constructed, in which different processes are used to protect the cells from humidity and impacts (such as EVA encapsulation and tempered glass), by a resin that provides both protection (since it is intrinsic to the resin) and a substantial reduction in weight. This increases the portability of the developed solar panels and facilitates their use together with a large number of mobile applications.

There are still things to improve and they may be included in future versions, primary to obtain greater efficiency. Being up to date with the technologies available in solar energy, we will work towards obtaining the highest possible efficiency of panels, charger, looking for the product offered to be highly competent in comparison with other more widely used technologies.

Список литературы

1. Green, M. A. (1995). Silicon Solar Cells. Australia: The University of New South Wales.
2. Green, M. A. (1998). Solar Cells. Australia: The University of New South Wales.
3. Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (n.d.). Atlas of solar energy of the Argentinean Republic. From <http://www.gersol.unlu.edu.ar/>
4. Nelson, J. (2004). The Physics of Solar Cells. UK: Imperial College Press.

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Д.С. БЕРНАЦКИЙ, Д.О. НИКОНОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В докладе рассматриваются вопросы получения композиционных гетерогенных поглотителей электромагнитных волн (ПЭВ, адсорберов). Композиционные материалы, включающие в свой состав функциональный наполнитель и связующие компоненты, являются гетерогенной средой с целым рядом особенностей с точки зрения взаимодействия с электромагнитным полем. В результате такого взаимодействия происходит ослабление поля падающей волны за счёт перехода энергии поля в тепло вследствие магнитных и диэлектрических потерь. Из достоинств радиопоглощающих материалов стоит отметить высокую механическую прочность, низкую плотность и малые габариты изделий, что позволяет их применять в самых разных отраслях промышленности, например, в электронике и судостроении.

Ключевые слова: композиционные материалы, поглотители электромагнитных волн, магнитные свойства, диэлектрические свойства, коэффициент поглощения, удельная прочность.

Воздействие электромагнитных волн (ЭМВ) различной природы на технические объекты является существенным фактором, влияющим на их функционирование. Одним из способов защиты от электромагнитного излучения является использование поглотителей ЭМВ, которые предназначены для следующих целей: избирательное подавление нежелательных видов колебаний, полное поглощение сигнала, снижение уровня отраженного сигнала [1-2]. Целью настоящей работы является создание эффективных поглотителей электромагнитных волн (адсорберов) в виде листов и покрытий, конкурентноспособных на мировом уровне по соотношению цена-качество.

В задачи работы входило:

1. Разработка новых составов композиций, включающих в себя полые микросферы и комбинацию функциональных наполнителей разного вида, обеспечивающих высокий коэффициент поглощения и низкую плотность при высокой прочности изделия;
2. Использование внешних и внутренних магнитных полей для оптимизации структуры и повышения поглощающих характеристик;
3. Создание оптимальных, в том числе пирамидальных, элементов на стадии формования изделий наложением внешнего магнитного поля, обеспечивающих повышение поглощающих свойств изделий;
4. Создание многослойных ПЭВ с использованием одного или нескольких слоев, содержащих микросферы и микромагниты (композиционный магнитотвердый материал), обеспечивающих, в совокупности, послойную оптимизацию коэффициента поглощения и отражения.

Магнитное поле создавалось с помощью постоянного электромагнита (магнита Капицы). Величина поля регулировалась током в катушках и изменением расстояния между полюсами. Использовались также установки импульсного намагничивания, обеспечивающего требуемую топографию магнитного поля в процессе намагничивания и постоянные магниты. В качестве функционального наполнителя были выбраны: карбонильное железо (КЖ), полые микросферы (МС), железный порошок ПЖРВ и силикон, который добавлялся по консистенции.

Измерение коэффициента поглощения проводилось коаксиально волновым методом. В результате работы получены 3-х слойные образцы листовых изделий методом каландрования и послойного формирования покрытий. В первом (верхнем) слое упор делается на микросферы для обеспечения минимального отражения, а средний и нижний слои ориентированы на поглощение ЭМВ путём введения в них микромагнитов и большой доли поглощающего наполнителя. Помимо этого, предполагаемая толщина изделия составляет 10-150 мм при уровне поглощения 20-40 дБ на частотах 2-20 ГГц и удельной плотности 2-3 г/см³. Показана принципиальная возможность создания ориентированных пирамидальных структур в магнитном поле. Определены оптимальные составы и получены изделия, превосходящие по удельной прочности мировые аналоги на 30-50%. Введение микромагнитов при прочных равных условиях повышает коэффициент поглощения на 15-20%.

Список литературы

1. Островский О.С., Одаренко Е.Н., Шматько А.А. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн // ФП ФИП PSE, 2003, том 1, № 2, vol. 1, No. 2
2. Латыпова А.Ф., Калинин Ю.Е. Анализ перспективных радиопоглощающих материалов // УДК 621.396.67
3. Михайлин Ю.А. Специальные полимерные композиционные материалы. СПб.: «Научные основы и технологии», 2009.
4. Казанцева Н.Е., Рывкина Н.Г., Чмутин И.А. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона // Радиотехника и электроника 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ СТРУКТУР, СОДЕРЖАЩИХ КОЛЛОИДНЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ

А.Э.ДЕГТЕРЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе были исследованы светоизлучающие органические структуры, созданные методами вакуумного термического осаждения и центрифугирования. Активный слой созданных структур представляет собой смесь маломолекулярных органических соединений и коллоидных квантовых точек. Были измерены спектры электролюминесценции и построены вольт-амперные характеристики. Показано, что внесение коллоидных квантовых точек в активный слой светоизлучающих структур приводит к значительной модификации спектров электролюминесценции.

Ключевые слова: органические светодиоды, коллоидные квантовые точки.

Органические светоизлучающие структуры (OLED) представляют собой полупроводниковые приборы, созданные из ряда пленок органического происхождения. При прохождении электрического тока через данное соединение происходит излучение света. Типичная структура OLED включает в себя следующие элементы: прозрачную подложку, прозрачный анод, транспортные слои с дырочной и электронной проводимостью, активный слой, а также катод.

Достоинствами органических светоизлучающих структур являются такие параметры как собственная люминесценция, низкая потребляемая мощность, относительная дешевизна и простота производства, широкий выбор цвета излучения за счет подбора материала эмиссионного слоя, гибкость, высокая яркость, широкоугольность и быстрый отклик. К недостаткам можно отнести высокую подверженность деградации в присутствии кислорода и воды. Иными словами, малое время жизни устройства.

В последние годы идут исследования структур органических светодиодов, содержащих в составе активного слоя коллоидные квантовые точки (ККТ). [2]

Квантовая точка — это полупроводник, электрические характеристики которого зависят от его размера и формы. Например, при переходе электрона на энергетический уровень ниже, испускается фотон. Так как можно регулировать размер квантовой точки, то можно и изменять энергию испускаемого фотона, а значит, изменять цвет испускаемого квантовой точкой света. [3]

В процессе работы нами были получены светоизлучающие органические структуры, созданные методами центрифугирования и вакуумного термического осаждения. Активный слой представляет собой смесь маломолекулярных органических соединений и ККТ CdSe, излучающих на длине волны 650 нм. Была создана органическая светоизлучающая структура ITO/PEDOT:PSS/ /TPD/TPD+CQD_CdSe_650/Alq3/Al. PEDOT:PSS является полимерным соединением, обладающим дырочной проводимостью, а также электронно-блокирующими свойствами. Материал TPD представляет собой мало-молекулярное соединение и обладает дырочной проводимостью. Слой TPD+CQD_650 был создан из смеси маломолекулярного соединения и ККТ, растворенных в толуоле. Материал Alq3 является маломолекулярным соединением и обладает электронной проводимостью, а также Alq3 представляет собой активный слой.

При создании данной структуры, полимерное соединение PEDOT:PSS наносилось на подложку ИТО методом центрифугирования. Время центрифугирования составило 30 секунд, скорость 3000 об/с, количество слоев 2. Слой TPD+CQD_CdSe_650 также наносился методом центрифугирования. TPD и ККТ смешивались в толуоле. Время центрифугирования составило 30 секунд, скорость 3000 об/с, количество слоев 3. Слои TPD, Alq3 и алюминиевые контакты наносились методом термического осаждения.

Из построенных вольт-амперных характеристик видно, что напряжение включения структуры составило 4 вольта. Данное напряжение сравнимо с напряжениями включения аналогичных органических структур.

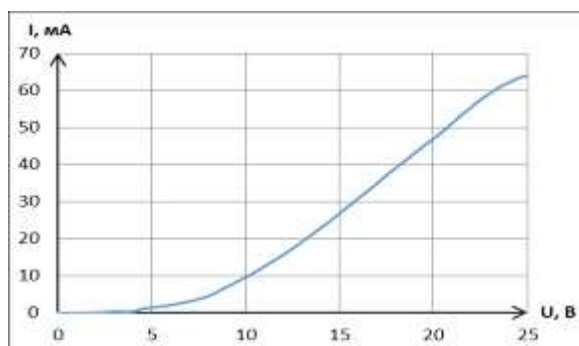


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика структуры ITO/PEDOT:PSS/TPD/TPD+CQD_CdSe_650/Alq3/Al

Были измерены спектры электролюминесценции и показано, что внесение ККТ в активную область приводит к модификации спектра. Пик с максимумом излучения на 550 нм соответствует фотolumинесценции слоя Alq3, а пик с максимумом на 640 нм соответствует излучению массива коллоидных квантовых точек.

Для определения однородности создаваемых слоев в структуре проводились исследования фотolumинесценции с использованием сканирования возбуждающего лазерного пучка по поверхности образца. Спектры фиксировались поточечно по всей площади образца с шагом 3 мм. Исходя из спектров фотolumинесценции была найдена мощность оптического излучения, измеренного в условных единицах. Далее для каждого слоя при разных температурах нанесения была составлена карта отклонения мощности излучения фотolumинесценции от среднего значения.

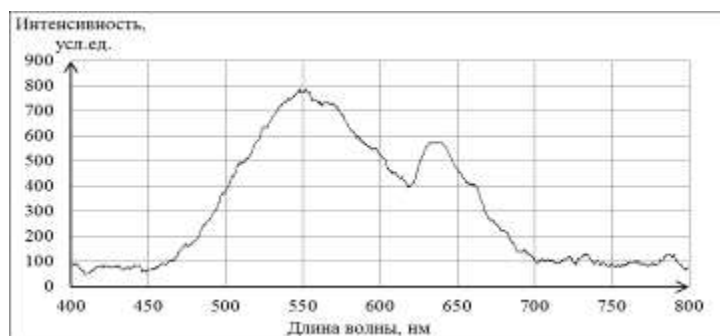


Рис. 2. Спектр электролюминесценции органической светоизлучающей структуры ITO/PEDOT:PSS/TPD/TPD+CQD_CdSe_650/Alq3/Al

Для центральной части образцов был достигнут достаточный уровень однородности излучения и, как следствие, распределения массы материала. Увеличение отклонения на внешних границах образца объясняется технологическими особенностями процесса центрифугирования и некоторым увеличением количества материала на краях образца вслед-

ствие сильного поверхностного натяжения. В настоящее время ведутся работы по снижению влияния этого эффекта. Таким образом, для создания качественной структуры, следует избегать нанесения алюминиевых контактов в областях, примыкающих к краям подложки.

Подводя итоги, в работе были созданы органические светоизлучающие структуры ITO/PEDOT:PSS/TPD/TPD+CQD's CdSe/Alq3/Al, содержащие в своем составе коллоидные квантовые точки CdSe/ZnS. Была произведена оценка однородности распределения материала при создании слоев методами термического осаждения и центрифугирования. Сформулированы рекомендации к созданию верхних контактов и других областей светоизлучающих структур с улучшенными характеристиками. Показано, что введение коллоидных квантовых точек в структуру приводит к модификации спектра электролюминесценции. На данном этапе ведутся работы по повышению яркости излучения массива ККТ за счет оптимизации процедуры распределения квантовых точек в структуре. Также рассматриваются разные способы по введению в состав структуры сформированного многокомпонентного массива коллоидных квантовых точек различного состава и размера, обладающего заранее заданным спектром фотолуминесценции [4-5].

Список литературы

1. Тарасов С.А., И.И. Михайлов, Е.М. Степанов, Д.В. Вылегжанин, М. О. Гуревич, Л. И. Козлов, А. В. Корнеева, П. О. Тадтаев, А.В. Соломонов, Нано- и микросистемная техника, 2016. Том 18, №9. с. 558-562
2. Fengjuan Zhang, Shujie Wang, Lei Wang, Super Color Purity Green Quantum Dot Light-Emitting Diodes by using CdSe/CdS Nanoplatelets. Nanoscale, 2016, 8, 12182-12188, 10.1039/C6NR02922A
3. I I Mikhailov, S A Tarasov, I A Lamkin, P O Tadtayev, L I Kozlovich, A V Solomonov, E M Stepanov, Journal of Physics: Conference Series. 741 (2016) 012103
4. E. M. Stepanov; I. I. Mikhailov; S. A. Tarasov; A. V. Solomonov Light-emitting structures based on colloidal quantum dots of cadmium sulphide having a high color rendering index, IEEE. – 2016. 10.1109/EIConRusNW.2016.7448125, 82-84
5. P. O. Tadtayev, M. O. Gurevich ; L. I. Kozlovich ; I. I. Mikhailov The study of CdSe/ZnS and CdSeZnS/ZnS colloidal quantum dots structures as flexible electronics components, IEEE. – 2016. 10.1109/EIConRusNW.2016.7448126, 85-87

ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖЕНИЯ В ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА

В.С. Дюмин

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Данная статья посвящена эффекту электронного умножения в фоточувствительных приборах с переносом заряда (ФППЗ), благодаря которому возможно динамическое наблюдение местности при низких уровнях освещенности. Проведен анализ рассчитанных и измеренных фотоэлектрических параметров ФППЗ. Продемонстрировано увеличение отношения сигнал-шум в условиях малых фотонных потоков. Изучены проблемы применимости стандартных методик по вычислению фотоэлектрических параметров к ФППЗ с электронным умножением.

Ключевые слова: ФППЗ с электронным умножением, регистр умножения, электронное умножение, шум считывания, шум-фактор, ударная ионизация, низкие уровни освещенности.

В настоящее время большой интерес вызывают достижения в области регистрации изображения для динамического наблюдения в условиях малых фотонных потоков. Стандартные фоточувствительные приборы с переносом заряда (ФППЗ) не подходят для решения такого рода задач из-за высокого уровня шумов выходного устройства по сравнению с полезным сигналом при низком уровне освещенности. Обойти данное ограничение позволяют ФППЗ с электронным умножением, которые благодаря процессам ударной ионизации под специальными усилительными электродами, расположенными в регистре умножения, позволяют усилить сигнал еще до его считывания. Таким образом, появляется возможность увеличить отношение сигнал-шум в условиях плохой освещенности [1].

Охлаждая кристалл ФППЗ, можно добиться значительного уменьшения темнового тока, и тогда предельная чувствительность матричного фотоприемника с электронным умножением будет ограничиваться дробовым шумом и шумом умножения. Величина шума умножения может быть оценена при помощи шум-фактора F , значение которого при увеличении шагов умножения (числа усилительных электродов) n и малой вероятности рождения одного нового носителя α стремится к $\sqrt{2}$ и слабо зависит от усиления [2].

Для исследования усиления сигнала при низких уровнях освещенности использовался ФППЗ с электронным умножением, изготавливаемый в АО «НПП «ЭЛАР». Матрица прибора состоит из секции накопления и секции хранения с форматом 704 (Г) X 526 (В) элементов (ячеек) каждая. Фоточувствительная часть секции накопления имеет размеры 680 (Г) X 510 (В) элементов. Длина горизонтального сдвигового регистра, как и длина регистра умножения, составляет 704 ячейки.

В рамках данной работы была показана целесообразность охлаждения кристалла ФППЗ до температуры -15°C , дальнейшее уменьшение температуры кристалла не приводит к значительному увеличению отношения сигнал-шум. Был продемонстрирован эффект электронного умножения при освещенностях 10^{-4} - 10^{-5} лк и температуре кристалла -15°C . Проанализирована конструкция фотоячейки при помощи растрового электронного микроскопа, проведен анализ рассчитанных и измеренных фотоэлектрических параметров, найдены пути улучшения чувствительности матрицы. Из-за неординарного строения секции накопления (наличие алюминиевой «рамки», закрывающей часть фоточувствительной области) в данном приборе возникла проблема применимости стандартных методов по вычислению фотоэлектрических параметров. Данная проблема была изучена, предложено решение, заключающееся в смене механизма накопления зарядовых пакетов в ячейках фоточувствительной матрицы для вычисления эффективностей горизонтального и вертикального переносов.

Список литературы

1. Hyneczek J., Nishiwaki T. Excess noise and other important characteristics of low light level imaging using charge multiplying CCDs // IEEE Transactions on Electron Devices. – 2003. – Vol.50. – No.1. – P. 239-245.
2. Zhang W.W., Chen Q. Optimum Signal-to-noise Ratio Performance of Electron Multiplying Charge Coupled Devices // International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering. – 2009. – Vol.54. – P. 264-268.

НАГРЕВ ПОДЛОЖКИ ПРИ РЕАКТИВНОМ РАСПЫЛЕНИИ ГОРЯЧЕЙ ТИТАНОВОЙ МИШЕНИ

Н.В. ИВАНОВА, Е.А. МИНЖУЛИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе исследованы процессы нагревания подложки при реактивном распылении горячей титановой мишени на постоянном токе. При работе магнетрона с горячей титановой мишенью кривые нагревания подложки имеют точку перегиба, положение которой пропорционально давлению аргона и обратно пропорционально плотности тока разряда. Температура мишени в стационарном режиме возрастает при уменьшении давления, постоянная времени процесса нагревания подложки пропорциональна давлению и обратно пропорциональна плотности тока разряда. Мощность, выделяемая на подложке при работе магнетрона с горячей мишенью, пропорциональна плотности тока разряда. Для холодной мишени эта зависимость носит аналогичный характер, но со значительно меньшей производной.

Исследование проводится при поддержке РФФИ (грант 15-19-00076)

Ключевые слова: реактивное распыление, горячая мишень

Процесс нагревания подложки при осаждении пленок с помощью магнетрона до сих пор привлекает внимание [1]–[7]. В этих работах установлено, что при работе магнетрона с прямым охлаждением мишени температура подложки может оказаться выше на 50–200 °С. В последнее время изучают магнетроны с так называемой горячей мишенью [8]–[13]. Такой магнетрон оказывает на подложку дополнительное тепловое воздействие за счет испарения материала мишени и излучения [11].

При нагревании подложки конкурируют процессы подвода и отвода тепла с соответствующими скоростями $(dT/dt)^+$ и $(dT/dt)^-$ так, что кинетическое уравнение записывают в виде [7]

$$\frac{dT}{dt} = \left(\frac{dT}{dt}\right)^+ + \left(\frac{dT}{dt}\right)^- \quad (1)$$

Отвод тепла может происходить путем излучения, теплопередачи через газ и элементы конструкции держателя подложки.

В [6] кинетическое уравнение (1) выражено в форме температурной зависимости

$$\frac{dT}{dt} = a - bT^4 - cT \quad (2)$$

где a , b и c – величины, пропорциональные мощности, выделяемой на подложке, излучательной способности подложки, теплопроводности газа и элементов конструкции держателя подложки, соответственно.

В данной работе выполнено исследование процесса нагревания подложки при магнетронном распылении горячей титановой мишени. Эксперименты проведены в вакуумной камере объемом $7.8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$, оснащенной плоским магнетроном с титановой мишенью диаметром 160 мм, работающим на постоянном токе. Остаточное давление не превышало 10^{-2} мТорр. Магнетрон работал в среде аргона при давлении $p = (3\text{--}7)$ мТорр и плотности тока разряда $j = (20\text{--}40)$ мА/см². Для изучения тепловых процессов на подложках был использован термопарный датчик, подробное описание которого дано в [7]. В каждом эксперименте при заданных значениях p и j измеряли изменение температуры

чувствительного элемента при работающем магнетроне. Погрешность эксперимента была не более $\pm 5\%$. С целью устранения систематических погрешностей и упрощения вычислений в работе принято, что начальная температура подложки равна нулю.

Для примера на рис. 1, а показаны экспериментальные зависимости, полученные при разных давлениях аргона. Из рис. 1, а видно, что при любой плотности тока уменьшение давления приводит к возрастанию стационарной температуры мишени. Этот результат вполне очевиден и обусловлен характером вольт-амперной характеристики магнетрона [14].

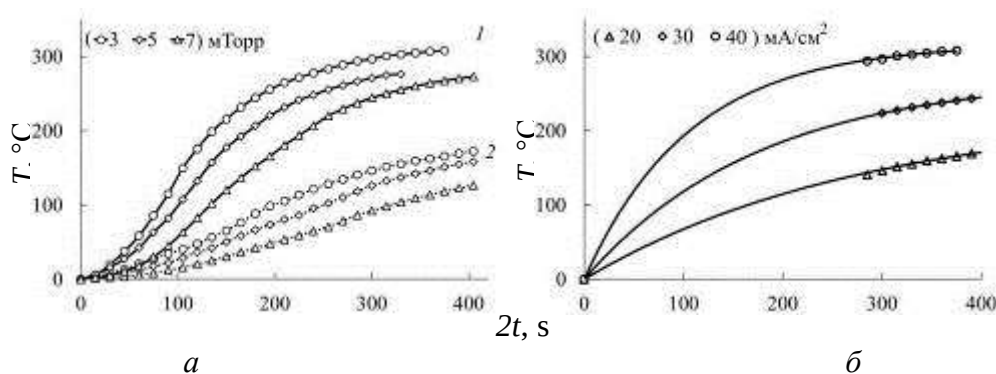


Рис. 1. Нагревание чувствительного элемента: а – при токе разряда 40 мА/см² (1) и

Отличительной особенностью кривых $T(t)$ на рис. 1 являются точки перегиба. Их положение t_0 зависит от давления аргона и плотности тока разряда. В табл. 1 сведены значения t_0 , полученные путем решения для каждого экспериментального случая уравнения $d^2T/dt^2 = 0$. Из табл. 1 видно, что величина t_0 пропорциональна давлению аргона и обратно пропорциональна плотности тока разряда.

Таблица 1

Положение точки перегиба t_0, s

$p, \text{ mTorr}$	$j, \text{ mA/cm}^2$		
	20	30	40
3	170	135	90
5	210	175	115
7	255	205	160

Теоретический анализ показал, что возникновение точки перегиба связано с относительно медленным нагреванием мишени после включения магнетрона. Из рис. 1, а следует, что мишень выходит в стационарный режим через 120–240 с. Поскольку осаждение пленки выполняют в течение большего отрезка времени (до 1800 с и более), основное влияние на температуру подложки будет оказывать мишень, работающая в стационарном режиме. На рис. 1, б точками показаны соответствующие участки экспериментальных кривых с рис. 1, а. Точки на рис. 1, б с достоверностью 0.999 описывает выражение

$$T(t) \approx T_{\infty}(p, j)[1 - \exp(-\alpha(p, j)t)] \quad (3)$$

где $T_{\infty}(p, j)$ – предельная температура; $\alpha(p, j)$ – величина, задающая скорость нагревания.

Таблица 2

Параметры выражений (3) и (4)

p , мТорр	j , мА/см ²	T_{∞} , °C	α , с ⁻¹	$\tau = 1/\alpha$, с	a , °C/с	c , 1/с	q , Вт/см ²
3	20	220	-0.0036	280	1.84	-0.0035	0.6
	30	270	-0.0057	175	3.17	-0.0055	1.1
	40	320	-0.0095	105	5.62	-0.0095	1.9
5	20	215	-0.0033	305	1.67	-0.0030	0.6
	30	270	-0.0053	190	3.02	-0.0050	1.0
	40	300	-0.0083	120	4.77	-0.0080	1.6
7	20	210	-0.0031	320	1.56	-0.0035	0.5
	30	255	-0.0048	210	2.56	-0.0045	0.9
	40	290	-0.0069	145	3.36	-0.0055	1.1

Аналитическая модель (3) указывает на то, что подложка тоже имеет стационарное состояние, в которое выходит с постоянной времени $\tau = 1/\alpha$. Значения параметров T_{∞} , α и τ , вычисленные по экспериментальным данным, занесены в табл. 2, откуда видно, что постоянная времени процесса нагревания подложки τ пропорциональна давлению и обратно пропорциональна плотности тока разряда.

Далее рассмотрим зависимость кинетики нагревания от температуры. Для этого было выполнено численное дифференцирование экспериментальных зависимостей. Один из результатов вычислений в форме $dT/dt = f(T)$ показан точками на рис. 2. Для аналитического описания этих зависимостей было использовано уравнение (2):

$$\frac{T(t)}{dt} \approx a - cT \quad (4)$$

которое утратило второе слагаемое ($b = 0$), поскольку при $T < 400$ °C излучением чувствительного элемента можно пренебречь. Вычисленные значения параметров a и c для сплошных линий на рис. 2, содержатся в табл. 2.

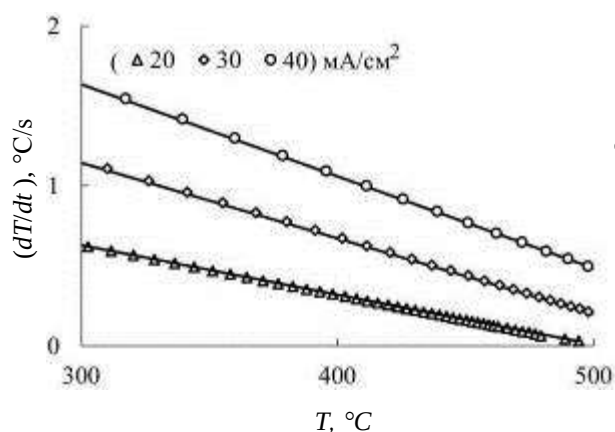


Рис. 2. Влияние температуры подложки на скорость нагревания при давлении аргона 7 мТорр. Точки – эксперимент, сплошные линии – выражение (4)

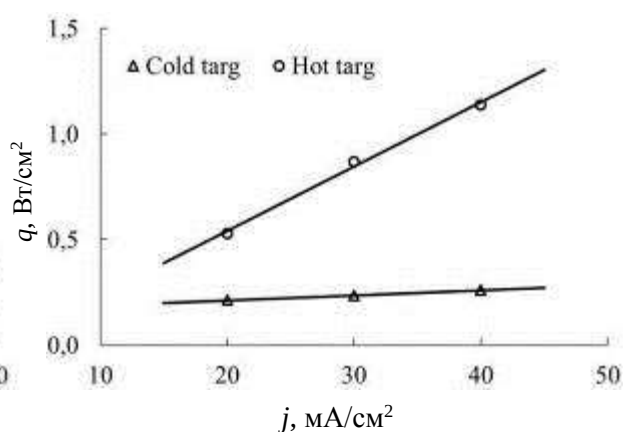


Рис. 3. Плотность мощности, выделяемая на подложке при давлении аргона 7 мТорр. Точки – эксперимент, сплошные линии – аппроксимация

Плотность мощности, выделенная на чувствительном элементе, равна

$$q = \frac{mcs}{S} \quad (5)$$

где m , c и S – масса, удельная теплоемкость и площадь элемента, соответственно. Результаты расчета по формуле (5) сведены в табл. 2 и отражены на рис. 3, из которого видно, что мощность, выделяемая на подложке при работе магнетрона с горячей и холодной мишенью пропорциональна плотности тока. Но в первом случае она нарастает с гораздо большей скоростью.

Исследования, выполненные в данной работе с помощью термопарного датчика, позволили установить, что:

- при работе магнетрона с горячей титановой мишенью кривые нагревания подложки имеют точку перегиба;
- положение точки перегиба пропорционально давлению аргона и обратно пропорционально плотности тока разряда;
- температура мишени в стационарном режиме при уменьшении давления возрастает;
- постоянная времени процесса нагревания подложки пропорциональна давлению и обратно пропорциональна плотности тока разряда;
- мощность, выделяемая на подложке при работе магнетрона с горячей мишенью пропорциональна плотности тока разряда.

Список литературы

1. Britun N., Palmucci M., Konstantinidis S. et al. Particle visualization in high-power impulse magnetron sputtering. I. 2D density mapping // J. Appl. Phys. 2015. V. 117. P. 163302 (17 pages).
2. Wen L., Kumar M., Sahu B.B. et al. Advantage of dual-confined plasmas over conventional and facing-target plasmas for improving transparent-conductive properties in Al doped ZnO thin films // Sur. Coat. Technol. 2015. V. 284. P. 85–89.
3. Sahu B.B., Han J.G., Hori M. et al. Langmuir probe and optical emission spectroscopy studies in magnetron sputtering plasmas for Al-doped ZnO film deposition // J. Appl. Phys. 2015. V. 117. P. 023301.
4. Kim H.R., Wen L., Jin S.B. et al. Study on effects of hydrogen flow rates on the properties of ZnO thin film deposited by facing targets sputtering system // Jap J. Appl. Phys. 2013. V. 52. Article number 11NB01.
5. Wiese R., Kersten H., Wiese G. Energy influx measurements with an active thermal probe in plasma-technological processes // EPJ Techn. Instrum. 2015. V. 2. P. 1–10.
6. Bornholdt S., Itagaki N., Kuwahara K. Characterization of the energy flux toward the substrate during magnetron sputter deposition of ZnO thin films // Plasm. Sourc. Sci. Techn. 2013. V. 22. P. 025019.
7. Shapovalov V.I., Komlev A.E., Bondarenko A.S. et al. Substrate heating and cooling during magnetron sputtering of copper target // Phys. Lett. A. 2016. V. 380. P. 882–885.
8. Cormier P.A., Thomann A.L., Dolique V. et al. IR emission from the target during plasma magnetron sputter deposition // Thin Solid Films. 2013. V. 545. P. 44–49.
9. Lapshin A.E., Levitskii V.S., Shapovalov V.I. et al. Composition and Structure of Copper Oxide Films Synthesized by Reactive Magnetron Sputtering with a Hot Target // Glass Phys. Chem. 2016. V. 42. P. 359–362.
10. Bondarenko A.S., Kolomiitsev A.A., Shapovalov V.I. The target heating influence on the reactive magnetron sputtering process // J. Phys.: Confer. Series. 2016. V. 729. P. 012006.
11. Shapovalov V.I., Karzin V.V., Bondarenko A.S. Physicochemical Model for Reactive Sputtering of Hot Target // Phys. Lett. A. 2017. V. 381. P. 472–475.
12. Bleykher G.A., Krivobokov V.P., Yuryeva A.V. Magnetron deposition of coatings with evaporation of the target // Techn. Phys. 2015. V. 60. P. 1790–1795.
13. Bleykher G.A., Borduleva A.O., Krivobokov V.P. et al. Evaporation factor in productivity increase of hot target magnetron sputtering systems // Vacuum 2016. V. 132. P. 62–69.
14. Komlev A.E., Shapovalov V.I., Shutova N.S. Magnetron Discharge in an Argon–Oxygen Mixture for Deposition of a Titanium Oxide Film // Techn. Phys. 2012. V. 57. P. 1030–1033.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МАГНЕТРОНА С ГОРЯЧЕЙ СЭНДВИЧ-МИШЕНЬЮ

В. В. Смирнов, Е. А. Минжулина, А. А. Козин

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В последние годы возрастает интерес к неорганическим покрытиям в виде твердых растворов соединений переходных металлов. Покрытия такого типа используются для улучшения трибологических и коррозионных свойств инструментов, подвергающихся в процессе эксплуатации значительным механическим нагрузкам и пагубному воздействию окружающей среды. Покрытия такого типа возможно получать с помощью магнетронного распыления сэндвич-мишени.

Ключевые слова: магнетронное распыление, сэндвич-мишень

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №15-19-00076

За последние годы повышенное внимание уделяют композиционным покрытиям, содержащим твердый раствор двух или более соединений переходных металлов. В них может наблюдаться синергетический эффект, когда свойства разных соединений при синтезе твердых растворов из двух материалов нелинейно интегрируются. Чаще всего в качестве таких соединений в мировой научной литературе рассматривают карбиды и нитриды. Причем среди них особое место занимают так называемые МАХ фазы и максены.

Многофункциональность таких покрытий обязана многообразию их свойств. Оксидные покрытия обладают полупроводниковыми свойствами, имея край фундаментального поглощения в ближнем УФ диапазоне, высокую диэлектрическую проницаемость и слабое поглощение в видимом и ближнем ИК диапазонах. Некоторые из них проявляют хромогенные, сегнетоэлектрические и электретные свойства, претерпевают фазовый переход диэлектрик-металл при нагревании. Оксидные и оксинитридные покрытия проявляют фотокаталитические, бактерицидные, супергидрофильные и антитуманные свойства. Нитридные и оксинитридные покрытия имеют высокие электрическую проводимость, твердость, износо- и химическую стойкость.

Для синтеза таких покрытий используют устройства, содержащие два и более планарных магнетронов, расположенных рядом друг с другом в одной плоскости. Они имеют мишени, изготовленные из разных металлов. При реактивном распылении каждый из магнетронов создает поток соединения. Частицы из них, перемешиваясь на подложке, формируют твердый раствор. Пространственное разнесение источников влечет за собой трудность получения пленки с высокой однородностью по составу и равномерностью по толщине. Авторы разработали магнетрон с распылительным узлом, содержащим две различные мишени, расположенные на одной оси. Причем в зависимости от теплофизических свойств металлов магнетрон может содержать либо одну, либо две горячие мишени.

Схематически этот магнетрон изображен на рис. 1. В нем на одной оси с корпусом 1 расположена охлаждающая плата 2, к которой жестко с зазором 1 мм через шайбу 6 прикреплена так называемая сэндвич-мишень. Она представляет собой композицию из двух плотно прилегающих друг к другу металлических пластин: внешней (например, титановой) 4, и внутренней, выполненной из молибдена, ниобия или тантала 3. На внешней титановой пластине в зоне ее эрозии выполнено четное количество прорезей 5, расположенных симметрично относительно центра мишени.

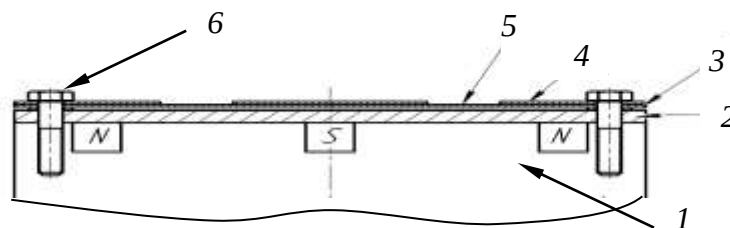


Рис. 1. Фрагмент магнетрона с распылительным узлом, содержащим сэндвич-мишень

Устройство работает в реактивной среде $\text{Ar}+\text{N}_2$ (Ar – плазмообразующий газ, N_2 – химически активный газ) при суммарном давлении 2–8 мТорр. Управляя плотностью тока и расходом азота, мишень переводят в нитридный режим работы, при котором поверхность обеих пластин покрыта соответствующим нитридом. Ионы аргона, образующиеся в разряде, распыляют эти поверхности. Внутренняя пластина 3 распыляется ионами, которые бомбардируют ее через прорезы 5 во внешней мишени 4. В результате во внутренней пластине возникает область эрозии, форму которой задают прорезы 5. В результате за счет симметричного расположения прорезей возникают осесимметричные потоки двух нитридов, которые в газовой среде перемешиваются, создавая суммарный поток с однородным распределением молекул в сечениях на расстоянии более 40–60 мм от мишени. Таким образом, на подложку осаждается однородная пленка в виде твердого раствора из двух нитридов. Химическим составом этого раствора можно управлять, варьируя суммарную площадь прорезей 5.



Рис. 2. Фото магнетрона с сэндвич-мишенью: 1 – электроды; 2 – мишень

В предложенной конструкции обе пластины распылительного узла работают в режиме горячей мишени. Магнетрон такого типа может быть использован для осаждения функционального покрытия из нитридов тугоплавких металлов (ниобий, молибден, тантал, вольфрам, титан, ванадий, хром, цирконий и др.). Если необходимо изготовить покрытие, содержащее в сочетании с нитридом тугоплавкого металла нитриды меди или алюминия, то в конструкцию магнетрона следует внести изменение. Внешнюю пластину сэндвич-мишени изготавливают из тугоплавкого металла, сохраняя для нее горячий режим. Второй элемент мишени, имеющий низкую температуру плавления, переводят в режим холодной мишени. Для этого из него изготавливают охлаждающую пластину.

На рис. 2 приведен пример выполнения магнетрона с сэндвич-мишенью. Он изготовлен на базе цилиндрического сбалансированного магнетрона с мишенью диаметром 130 мм, на котором авторы выполняли эксперименты по проекту. Распылительный узел содержит, во-первых, охлаждающую пластину 1 толщиной 4 мм. Пластина изготовлена из Al и выполняет функцию холодной мишени. Вторым элементом узла служит внешняя пластина из Ti толщиной 1 мм, которая работает в режиме горячей мишени. Вся конструкция жестко скреплена с помощью болтов 4. Зона эрозии 5 титановой пластины имеет форму кольца с площадью $s = 36 \text{ см}^2$. Прорези в ней выполнены в виде отверстий. Суммарная площадь прорезей s_2 задает площадь зоны эрозии алюминиевой мишени 7. Для титановой пластины площадь аналогичной области равна $s_1 = s - s_2$. Величина s_2 является параметром устройства, который влияет на химический состав пленки.

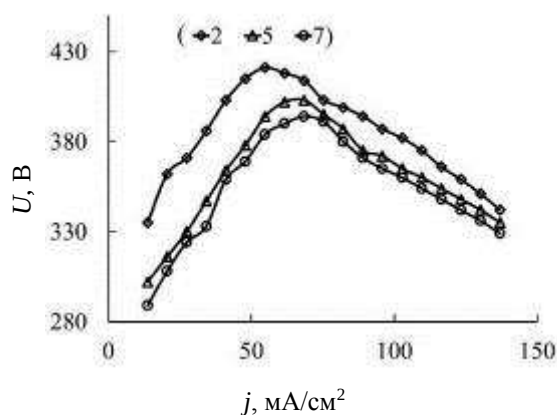


Рис. 3. ВАХ магнетрона с сэндвич-мишенью в среде аргона; в легенде давление указано в мТорр

При испытаниях магнетрона с сэндвич мишенью были получены вольт-амперные характеристики, показанные на рис.3, которые принципиально отличаются от ВАХ магнетрона с одиночной горячей мишенью.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОГИБОМ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕМБРАН

В.Е. КАЛЁНОВ, А.В. КОРЛЯКОВ, О.Н. МИХАЙЛОВА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Экспериментально и аналитически показано, что прогибом мембраны из нитрида кремния с металлическими электродами с двух сторон можно управлять с помощью электростатического сжатия при подаче электрического напряжения на электроды. Это связано с изменением механических напряжений мембраны.

Ключевые слова: мембраны, механические напряжения, активация прогиба мембран, механические характеристики мембран.

Изменение прогиба микромеханической мембраны

Плоские микромеханические мембраны представляют собой тонкую плёнку, закреплённую на подложке. Механические напряжения таких мембран являются растягивающими, а прогиб равен нулю. Если создать начальный прогиб мембраны W_0 , то при внешнем воздействии такие мембраны смогут менять величину механических напряжений, и как

следствие, прогиб. При подаче на мембрану нормального сжимающего воздействия возникают напряжения по оси Z. В радиальном направлении напряжения изменяются на величину $\Delta\sigma$.

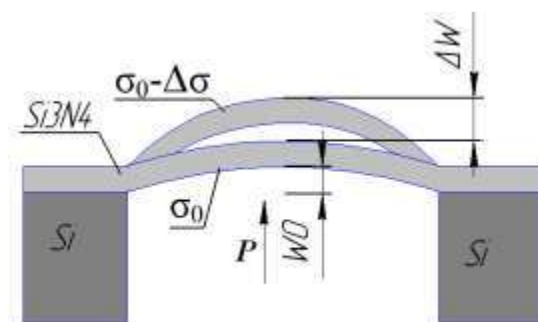


Рис. 1 Изменение прогиба мембраны под действием дополнительных механических напряжений

Механические напряжения в мембране, возникающие под внешним воздействием, определяются следующим образом:

$$\sigma = \sigma_0 + \Delta\sigma ,$$

где σ_0 – начальные напряжения мембраны до воздействия, $\Delta\sigma$ – дополнительные напряжения в радиальном направлении, вызванные воздействием на плёнку (изменение механических напряжений в радиальном направлении).

Изменение прогиба мембраны под действием дополнительных механических напряжений при постоянном давлении на мембрану (рис. 1):

$$\Delta W = -\frac{W_0}{\sigma_0} \cdot \frac{1}{(1+3\eta)} \cdot \Delta\sigma , \quad (1)$$

где W_0 – начальный прогиб при постоянном давлении и напряжении σ_0 ; η – коэффициент нелинейности мембраны.

Электростатическое воздействие на мембрану

В диэлектрической мембране из нитрида кремния с металлическими плёнками-электродами с обеих сторон были созданы дополнительные механические напряжения за счёт электростатического притяжения, возникающего при подаче на обкладки электрического напряжения. Поскольку за счёт электростатического притяжения происходит сжатие, то возникающие при этом механические напряжения, направлены нормально к поверхности мембраны.

Дополнительные механические напряжения, возникающие в радиальном направлении, $\Delta\sigma$ связаны с нормальными напряжениями σ_z выражением

$$\Delta\sigma = -\frac{\nu}{(1-\nu)} \sigma_z$$

С учётом диэлектрической проницаемости материала мембраны можно записать выражение для нормальных напряжений:

$$\sigma_z = \frac{\epsilon\epsilon_0}{2h^2} \cdot U^2 , \quad (2)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость материала мембраны; ε_0 – относительная диэлектрическая проницаемость; U – электрическое напряжение, прилагаемая к обкладкам; h – толщина диэлектрической части мембраны.

Регистрация прогиба микромеханической мембраны

С помощью подачи сжатого воздуха под давлением до подачи электрического напряжения был создан начальный прогиб мембраны. Величина прогиба составила 20 мкм.

В данной работе для регистрации прогиба микромеханической мембраны использовался интерферометр Фабри-Перо, образованный отражающей поверхностью мембраны и торцом оптоволоконна[1].

На мембрану подавалось электрическое напряжение 50, 60, 70 и 80 В. Изменение интенсивности сигнала соответствуют перемещениям мембраны.

Для оценки величины прогиба использовалось уравнение для интенсивности излучения, отраженного от поверхности мембраны:

$$I = I_0 \sin \left(2\pi \frac{W}{\left(\frac{\lambda}{2} \right)} \right),$$

где λ – длина волны излучения лазера, равная 1,55 мкм; I_0 – половина амплитуды, W – прогиб мембраны.

Была получена интерферограмма (рис. 2), на которой видны изменения интенсивности сигнала в зависимости от приложенного электрического напряжения.



Рис. 2 Интерферограмма, полученная при подаче электрического напряжения на мембрану из нитрида кремния с металлическими электродами

Изменение механических напряжений под действием электрического напряжения

В соответствие с уравнением (2) были проведены расчёты и получена зависимость изменения механических напряжений от подаваемого на обкладки мембраны электрического напряжения (рис. 3)

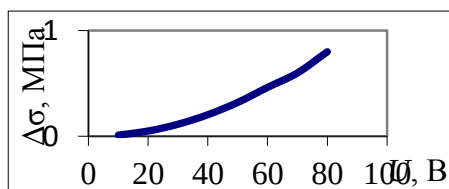


Рис. 3 Расчётная зависимость изменения механических напряжений от подаваемого на обкладки мембраны электрического напряжения для мембраны из нитрида кремния с металлическими электродами из золота и вольфрама

В соответствии с уравнением (1) и (2) получены расчётные данные о прогибе мембраны под действием электрического напряжения, подаваемого на обкладки, которые были подтверждены экспериментальными, это показано на рисунке 4.

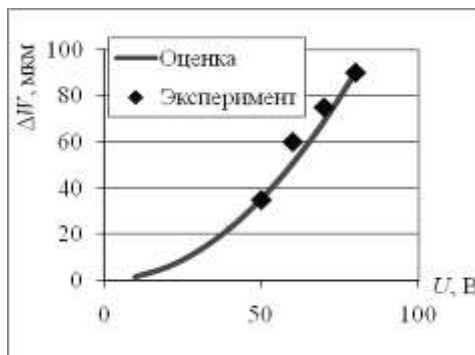


Рис. 4 Экспериментальная и расчётная зависимости изменения прогиба мембраны от подаваемого на обкладки электрического напряжения

Таким образом было получено изменение прогиба мембраны под действием электростатического сжатия за счёт изменения механических напряжений мембраны. Это позволяет управлять механическими характеристиками мембранных элементов в процессе эксплуатации уже готовых устройств на их основе.

Список литературы

1. Асташенкова, О.Н. Контроль физико-механических параметров тонких плёнок/ О.Н. Асташенкова, А.В. Корляков // Нано- и микросистемная техника. – 2013. – №2. – с. 24-29

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТВЫХ ТОЧЕК СУЛЬФИДА КАДМИЯ

А.В. ОСОКИНА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В последнее время квантовые точки привлекают большое внимание из-за своих перспектив применения в различных оптоэлектронных устройствах. В работе исследовано взаимодействие коллоидных квантовых точек Сульфида Кадмия одинаковой концентрации (0,25 мг/мл). Были получены спектры люминесценции (рассматриваемый диапазон 420-480 нм). Определено, что у коллоидных квантовых точек сульфида кадмия наблюдается большее взаимодействие при длинах волн расположенных дальше друг от друга. Это выражается сдвигом пика фотолюминесценции.

Ключевые слова: квантовые точки, люминесценция, CdS.

Квантовые точки - небольшие полупроводниковые сферы в коллоидной суспензии. В последнее время они привлекают большое внимание из-за своих перспектив применения в различных оптоэлектронных устройствах, например светодиоды, фотоприемники, солнечные элементы и лазеры. Другая область использования, биологическое сканирование.

Важной особенностью КТ является возможность регулирования эффективной ширины запрещенной зоны. Благодаря чему будут варьироваться оптические свойства системы, к примеру длина волны фотолюминесценции. Еще одна отличительная черта квантовых точек это способность существовать в виде растворов. Благодаря чему можно с легкостью

получать пленочные покрытия недорогими технологиями нанесения, такими как метод центрифугирования или струйной печати.

Эти особенности: легко настраиваемая ширина запрещенной зоны и способность существований в виде растворов делают квантовые точки особенно подходящими для оптического применения.

В работе рассматривалось взаимодействие между квантовыми точками Сульфида Кадмия различных размеров, длины волн которых расположены в диапазоне 380-480 нм.

Объект исследования коллоидные растворы квантовых точек Сульфида Кадмия (CdS). Рассматриваемый диапазон длин волн 420-480 нм. Сульфид кадмия является широкозонным полупроводником с шириной запрещённой зоны 2,42 эВ при 300 К. Важной характеристикой CdS является боровский радиус экситона. Он составляет 3.2 нм.

Для анализа структур на основе коллоидных квантовых точек CdS использовался полупроводниковый светодиод (290 нм), потому что при использовании п/п лазера на 445 нм спектр излучения лазера и спектры люминесценции ККТ CdS накладываются друг на друга.

Положение пиков спектра люминесценции варьируется от состава и диаметра частиц в растворе. В спектрах излучения КТ CdS наблюдается узкий интенсивный максимум, а также широкий длинноволновый пик.

Анализ экспериментальных данных показал, что у коллоидных квантовых точек CdS в жидкой смеси с одинаковой концентрации (0,25 мг/мл) наблюдается большее взаимодействие при длинах волн расположенных дальше друг от друга. Это выражается сдвигом пика фотолюминесценции. Установлено, что чем больше диаметр частиц, тем больше длина волны ККТ, то есть больше сдвиг пика в сторону красного спектра.

Взаимодействие ККТ Сульфида Кадмия одинаковой концентрации (0,25 мг/мл)

Таблица 1.

№	Длины волн ККТ, нм	Пиковая длина волны, нм		Параметр взаимодействия	Сдвиг пика, нм
		Эксперимент	Расчет		
1	420-480	414	414	2,32	-
2	440-480	439,67	439,67	1,48	-
3	460-480	464,19	459,76	-	4,43
4	420-440	432,2	437,6	-	0,64
5	420-460	408,22	408,22	1,93	-
6	440-460	438,2	446,23	-	8,03

Последующие исследования должны быть направлены на подбор структур с наилучшими характеристиками (индекс светопередачи стремился к 100).

Список литературы

1. P.Vachaspati. Quantum Dots: Theory, Application, Synthesis (2013)
3. D. S. Mazing, L. B. Matyushkin, O. A. Aleksandrova, I.I. Mikhailov, V. A. Moshnikov and S.A. Tarasov. Synthesis of cadmium selenide colloidal quantum dots in aquatic medium
3. С.В. Ремпель, А.А. Разводов, М.С. Небогатиков, Е.В. Шишкина, В.Я. Шур, А.А. Ремпель. Размеры и флуоресценция квантовых точек сульфида кадмия (2013)

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА И ФУЛЛЕРЕНА

М.Д. ПАВЛОВА, И.А. ЛАМКИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе исследовались структуры FTO/ZnPc:C60/C60/Al и FTO/ZnPc:C60/C60/Bphen/Al. Были измерены важнейшие характеристики фоточувствительных структур: спектр поглощения, пропускания, фоточувствительности ВАХ. Максимум фоточувствительности структур находился на длине волны 698 нм.

Ключевые слова: органические фоточувствительные структуры, фталоцианин цинка, ZnPc, фуллерен, C60

Уровень развития органической химии в настоящее время, позволяет синтезировать сложные органические молекулы различной структуры, из которых можно создавать материалы со свойствами, которые заранее известны и необходимы. На базе синтезированных полупроводниковых органических соединений развиваются современная полимерная оптоэлектроника и фотоника. Оптоэлектронные приборы и датчики на основе органических полупроводников отличаются простотой технологий изготовления и возможностью создания гибких структур с требуемыми рабочими характеристиками, которые можно изменять в широких пределах.

Органические фоточувствительные структуры можно разделить на 2 группы: элементы, в которых фотоактивные элементы наносят отдельными слоями – структуры слоистого типа. Ко второй группе относят элементы, в которых только один фотоактивный слой, представляющий собой смесь материалов n- и p-типов электропроводности, получившие название – структуры с объемным гетеропереходом.

Под влиянием электромагнитного излучения в элементах происходит фотоиндуцированный перенос электронов от донора к акцептору, это явление не зависит от типа фоточувствительной структуры. Но в элементах слоистого типа этот процесс происходит на границе донорного и акцепторного материала. В элементах с объемным гетеропереходом перераспределение зарядов происходит по всему объему активного слоя. После разделения зарядов необходимо предотвратить рекомбинацию носителей заряда и доставить их к электродам. В структурах слоистого типа электроны и дырки могут беспрепятственно перемещаться к электроду в слое акцепторного и донорного материалов соответственно. Вероятность того, что носители заряда попадут в слой, с противоположной электропроводностью, крайне мала, а как следствие мала вероятность рекомбинации. Подавление рекомбинации и транспорт носителей заряда в структурах с объемным гетеропереходом реализуется только при четкой упорядоченности фаз донора и акцептора [1].

Были созданы и исследованы структуры на основе FTO/ZnPc:C60/C60/Al, нанесенные на стеклянной подложке. Слои органических материалов и алюминиевый контакт наносились методом вакуумного термического испарения. Перед напылением стеклянная подложка со слоем FTO промывалась в изопропиловом спирте с использованием ультразвуковой ванночки в течение 20 минут. Для создания слоя ZnPc:C60, вещества были смешаны в пропорции 1:1 по массе внутри лодочки, затем был нанесен слой фуллерена, на котором был сформирован слой материала, блокирующего дырочный транспорта – Bphen. Во вре-

мя нанесения органических слоев поддерживалась температура 60 °С, для нанесения алюминиевого электрода температура была поднята до 70 °С.

Были исследованы важнейшие оптические характеристики слоев, входящих в систему ZnPc:C60/C60/Bphen, включая спектры поглощения и пропускания. Эти исследования проводились при помощи спектрометра быстрого сканирования USB4000 и лампы, излучение которой имитирует солнечное излучение. Спектр поглощения структуры FTO/ZnPc:C60/C60/Bphen/Al имеет 4 пика. Первый соответствует длине волны 455 нм, его ширина на полувысоте находится в диапазоне длин волн 419 нм – 502 нм, он соответствует фуллерену. Второй максимум появляется на длине волны 612 нм, его полуширина заключена в диапазоне от 602 нм до 628 нм. Третий максимум, обусловлен поглощением Bphen, он расположен на длине волны 684 нм, его ширина на полувысоте находится в диапазоне длин волн от 667 нм до 700 нм. Последний пик возникает на длине волны 892 нм, полуширина последнего пика 824 нм – 983 нм.

Спектры фоточувствительности исследовались с помощью дифракционного решеточного монохроматора с использованием системы синхронного детектирования, в качестве источника излучения использовалась лампа накаливания. На спектре фоточувствительности структуры наблюдается 2 максимума. Первый пик соответствует длине волны 597 нм, его ширина на полувысоте находится в диапазоне от 573 нм до 635 нм, который возможно соответствует переходу из Bphen в Al. Максимум второго пика расположен на длине волны 698 нм, полуширина пика охватывает значительный диапазон длин волн, в области красного и инфракрасного излучения, 677 нм – 948 нм, этот пик скорее всего обусловлен поглощением света в слоях фуллерена и Bphen.

Ведутся работы по улучшению технологии нанесения слоев с целью дальнейшего повышения эффективности преобразования солнечного света такими структурами.

Список литературы

1. Торошин П. А., Любовская Р. Н., Разумов В. Ф. Органические солнечные батареи: структура, материалы, критические параметры и перспективы развития. Обзоры. Российские нанотехнологии, 3, № 5-6, 56 – 77, (2008).

ИССЛЕДОВАНИЕ УФ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА

Ю. С. Розкалий, Г.А. Коноплев

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Предложена методика определения концентрации содержания полигексаметиленгуанидина гидрохлорида (ПГМГ) по спектрам пропускания водных растворов

Ключевые слова: спектр пропускания, определение концентрации, ПГМГ

Катионный полиэлектролит полигексаметиленгуанидина гидрохлорид (ПГМГ) обладает ярко выраженными биоцидными, фунгицидными, альгицидными и вирулицидными свойствами. Он широко используется для изготовления современных дезинфицирующих средств пролонгированного действия, нашедших применение в медицине и ветеринарии, для дезинфекции и технологической мойки оборудования, инвентаря, тары и поверхно-

стей производственных помещений на предприятиях мясной, молочной и хлебопекарной промышленности. Кроме того, это вещество используют для очистки и обеззараживания воды плавательных бассейнов, оборотных систем технического и питьевого водоснабжения, а также в качестве эффективного флокулянта при производстве промывающих реагентов для нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих комплексов [1].

В процессе промышленного производства дезинфицирующих средств (ДС) требуется проведение регулярного контроля содержания ПГМГ как на разных технологических этапах, так и в итоговом продукте. Допустимая погрешность определения концентрации не должна превышать 15%. Стандартная методика определения концентрации ПГМГ в растворах основана на фотометрировании с эозином в видимой области спектра на длине волны 544 нм [2]. Эта методика требует предварительной подготовки и калибровки, сложна и занимает много времени, что затрудняет ее применение, особенно при серийном производстве.

Также для определения ПГМГ используют спектрофотометрические, кинетические и потенциометрические методы, капиллярный электрофорез. Описаны способы определения ПГМГ методом ядерного магнитного резонанса и масс-спектрометрии (МАЛДИ) [3]. Существующие методики определения ПГМГ не всегда позволяют селективно определять это соединение на уровне ПДК, в ряде случаев они требуют дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала.

Применение прямого абсорбционного спектрального анализа в ультрафиолетовой (УФ) области для определения концентрации ПГМГ дает возможность существенно сократить время анализа и снизить его трудоёмкость за счет устранения этапа сложной пробоподготовки. При этом может быть заметно повышена эффективность технологического контроля ДС на основе ПГМГ.

Разработка методик определения концентрации ПГМГ в ДС требует проведения детальных исследований спектральных характеристик поглощения как основного вещества, так и готовых субстанций, которые помимо ПГМГ могут содержать вспомогательные компоненты. В данной работе исследуются монокомпонентный кожный антисептик «ТефлексА» с содержанием ПГМГ 0,4% и универсальное поликомпонентное дезинфицирующее средство «МультиДез», в состав которого входит ПГМГ в концентрации 10% и функциональные добавки (неионогенные поверхностно-активные вещества, отдушки).

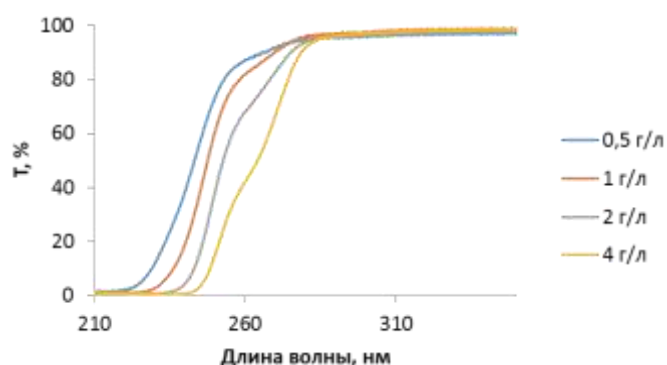


Рис. 1. Спектры пропускания водных растворов ПГМГ различной концентрации (пробы ДС «ТефлексА», разбавленные дистиллированной водой в различных пропорциях)

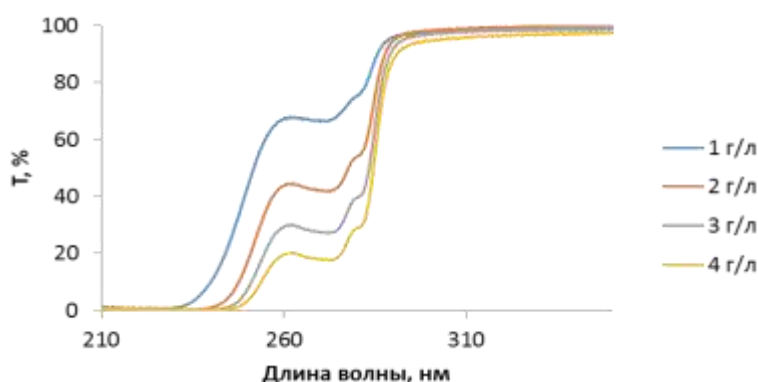


Рис. 2. Спектры пропускания проб ДС «МультиДез»

Для регистрации спектров использовался однолучевой УФ спектрофотометр быстрого сканирования на основе вогнутой дифракционной решетки и ПЗС фотоприемника; рабочий спектральный диапазон прибора составляет 190...650 нм, спектральное разрешение не хуже 0,5 нм. Исследуемые растворы помещались в кварцевые кюветы оптической толщиной 5 мм, в качестве эталона сравнения использовалась дистиллированная вода.

Рабочие растворы ДС «МультиДез» были приготовлены путем разведения 20/40/60/80 мкл концентрата (10% ПГМГ) в 2 мл дистиллированной воды, что соответствует концентрации ПГМГ в пробах 1/2/3/4 г/л. Растворы чистого ПГМГ концентрацией 0.5/1/2 г/л были приготовлены из ДС «ТекфлексА» (0,4% ПГМГ) путем разбавления дистиллированной водой в соотношениях 0,25 мл к 1,75 мл, 0,5 мл к 1,5 мл и 1 мл к 1 мл соответственно; в качестве пробы с концентрацией 4 г/л использовался неразбавленный исходный раствор «ТекфлексА». На рис. 1 приведены спектры пропускания водных растворов чистого ПГМГ различной концентрации, на рис. 2 – спектры пропускания проб ДС «МультиДез».

Спектральные исследования моно- и поликомпонентных ДС на основе ПГМГ показали:

- УФ спектр поглощения ПГМГ имеет характерную форму с широкой бесструктурной полосой, максимум которой приходится на область вакуумного ультрафиолета короче 200 нм (рис. 1);

- в спектрах поглощения ДС «МультиДез» помимо характерной полосы поглощения ПГМГ проявляются дополнительные полосы на длинах волн 281 нм и 273 нм, обусловленные функциональными добавками (рис. 2).

Таким образом, можно утверждать, что имеется принципиальная возможность определения концентрации ПГМГ по УФ спектрам поглощения в информативном интервале длин волн 220...300 нм. Вследствие отсутствия в доступной для проведения измерений спектральной области выраженных максимумов поглощения, использование классических подходов, основанных на определении оптической плотности пробы на одной длине волны и расчете концентрации в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера невозможно. Это требует создания специфических методик, основанных на использовании всего информативного спектрального диапазона с привлечением методов корреляционно-регрессионного анализа. Дезинфицирующие средства, содержащие функциональные добавки, должны анализироваться как поликомпонентные смеси с учетом вклада добавок в суммарное спектральное поглощение пробы.

Список литературы

1. Светлов Д.А. Биоцидные препараты на основе производных полигексаметиленгуанидина // Жизнь и безопасность. 2005, №3-4, с. 46-48.
2. Афиногенова А.Г., Афиногенов Г.Е. Инструкция по применению и методам кон-троля качества дезинфицирующего средства (кожный антисептик) «ТефлексА». Санкт-Петербург, 2009.
3. Архипов В.В., Апяри В.В., Дмитриенко С.Г. Определение полигексаметиленгуанидина гидрохлорида с использованием наночастиц золота и пенополиуретана // ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 2. ХИМИЯ. 2015. Т. 56. № 1, с. 34-40.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЛАЗМЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

А. А. РЫКОВ¹, А.А. ЛИСЕНКОВ¹, Е. Д. ПРЯЛУХИН²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

²АО «С.Е.Д.-СПб»

Аннотация. Метод нанесения покрытий с помощью вакуумно-дугового разряда с интегрально-холодным катодом позволяет получать покрытия с высокой степенью чистоты. Чистоту покрытия обеспечивает как сам метод, так и высокий вакуум, порядка 10^{-4} Па, поддерживаемый в процессе напыления, и предварительная ионная очистка поверхности. В совокупности это дает возможность получать очень качественные по своему составу покрытия. Описанным методом возможно нанесение титана, используемого в качестве антиэмиссионного состава для сеточных электродов электровакуумных приборов. Приведены параметры процесса напыления и характеристики напыляемого покрытия.

Ключевые слова: электровакуумные приборы, антиэмиссионное покрытие, вакуумно-дуговой разряд, плазменный поток

Электровакуумные приборы, такие как, например, генераторные лампы, до настоящего времени находят широкое практическое применение при решении различных задач теле- и радиовещания, радиолокации и ряда других. Расширение возможностей их использования было достигнуто за счет разработки технологических процессов по нанесению защитных покрытий в вакууме.

Высокая тепловая нагрузка, оказываемая на сеточные электроды, выдвигает в качестве принципиально важного параметра их антиэмиссионную устойчивость, что в большинстве случаев не может быть обеспечено лишь конструктивным материалом. Так, при температуре 1300...1400 К, уровень термоэлектронной эмиссии молибдена (одного из основных материалов, используемых для изготовления сеточных электродов) достигает единиц миллиампер с квадратного сантиметра поверхности, тогда как допустимыми значениями эмиссионного теплотока являются десятки микроампер с квадратного сантиметра. Это существенно влияет на физический механизм управления электронным потоком и вносит непреодолимые аномалии в работу приборов.

С целью обеспечения антиэмиссионной стойкости сеточных электродов электровакуумных приборов, в частности, работающих с оксидными катодами, имеющих рабочую температуру около 1000 К, поверхность сеток необходимо покрывать защитными покрытиями.

Ранее существовала технология механического нанесения гидрида титана (TiH_2) с его последующим термическим разложением. Этот метод имеет ряд существенных недостат-

ков: так, например, при нанесении покрытия TiH_2 на мелкоструктурные сеточные электроды, нарушается их геометрия, что приводит к нарушению токораспределения при работе приборов с такими электродами.

Наиболее экономичным методом для получения покрытий подобного состав, является метод плазменного напыления покрытий в вакууме. Вакуумно-дуговые источники плазмы с интегрально-холодным катодом, относящиеся к этому методу, позволяют производить напыление чистого титана, используя как нейтральную и капельную фракции, так и положительно заряженные ионы титана. Для получения наиболее гладких покрытий возможно выделение на деталь (сеточный электрод) только ионной фракции титана, с помощью применения магнитной отклоняющей системы.

Для нанесения покрытий использовался вакуумно-дуговой источник плазмы коаксиальной конструкции, представленной на рис 1. Цифрами на рисунке обозначены: 1 - анод; 2 - катод; 3 - поджигающий электрод; 4 - экран; 5, 6 - стабилизирующий и фокусирующий соленоиды; 7 - рабочий объем; 8 – сеточные электроды; 9 планетарный механизм вращения.

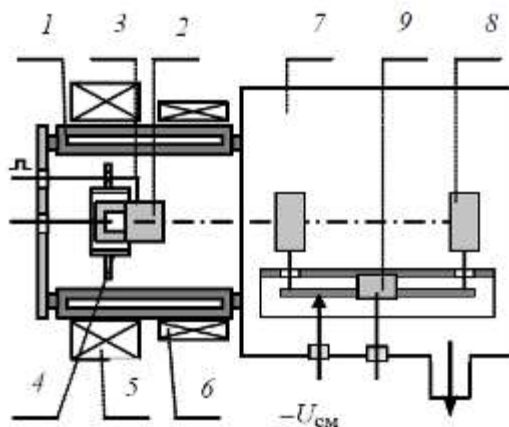


Рис. 1. Вакуумно-дуговой источник плазмы коаксиальной конструкции

Для обеспечения напыления титана, используется титан марки ВТ1-00. Напыление проводится с использованием системы водяного охлаждения, обеспечивающей такой режим работы катода, при котором средняя по его поверхности температура недостаточна для поддержания между электродами тока за счет термоэлектронной эмиссии. В этом случае эмиссионным центром разряда, на поверхности отрицательного катода, является катодное пятно, представляющее собой небольшую, ярко светящуюся область, через которую происходит перенос тока между катодом и столбом дуги.

Титан является наиболее часто используемым антиэмиссионным покрытием – в силу простоты технологии и дешевизны. Из свойств титана следует отметить высокую механическую прочность, легкость, высокую температуру плавления, низкий коэффициент вторично-электронной эмиссии, хорошие геттерные свойства и устойчивые характеристики к окислению и к взаимодействию с парами щелочных металлов. Обладая перечисленными положительными свойствами, титан имеет невысокий коэффициент излучения – порядка 0.4, что, однако, существенно превышает соответствующий показатель для меди.

Следует отметить и тот факт, что в рабочих режимах эксплуатации титановые покрытия являются геттерирующими (поглощающими газы), активно способствующими поддержанию благоприятных вакуумных условий в приборе.

Напыление титана методом вакуумно-дугового разряда с интегрально холодным катодом в установке с коаксиальной конструкцией, показанной на рис. 1, проводится при следующих параметрах:

- используется титановый катод высокой чистоты конусовидной формы, с диаметром в основании 50 мм и в вершине 30-40 мм;
- скорость вращения карусели примерно 4 оборота в минуту;
- скорость вращения каждого сеточного электрода вокруг своей оси примерно 40 оборотов в минуту;
- в зависимости от требуемой скорости напыления выбирается мощность питания дуги (примерные значения около – 27 В и 80 А);
- на детали (сеточные электроды) подается напряжение смещения (около -100 В), обеспечивающего поступление на детали около 2 А ионного тока.

Получаемое описанным методом покрытие показано на рис. 2. Скорость процесса напыления для всех деталей (при описанных выше параметрах) составляет примерно 12-15 мкм/час. Скорость напыления для одной конкретной детали больше, так как при вращении карусели деталь выходит из области попадания капельной фракции с катода и принимает на себя только малую часть ионов титана. Для нанесения антиэмиссионных покрытий даже предпочтительнее использовать не только ионную фракцию, но и капельную, так как благодаря этому повышается газопоглощающие свойства покрытия.



Рис. 2. Покрытие титана, получаемое с помощью вакуумно-дуговых источников плазмы при использовании ионной, нейтральной и капельной фракции (увеличение составляет 225 крат)

Контроль толщины и равномерности напыляемого покрытия осуществляется с помощью контроля привеса материала и с помощью металлографического анализа. Опытные результаты говорят о том, что плотность напыляемого титана очень близка к плотности исходного титанового катода и составляет примерно 4,1-4,2 г/см³. Естественно, что распределение покрытия по сетке неравномерно. Это связано с тем, что лицевая сторона сетки получает как капельную, так и ионную фракции, а внутренняя сторона сетки получает в основном только ионную составляющую плазменного потока. Соотношение толщины слоя, получаемого на лицевой стороне, к толщине слоя, получаемого на внутренней стороне сетки, примерно 4:1.

Метод нанесения покрытий с помощью вакуумно-дугового разряда с интегрально-холодным катодом позволяет получать покрытия титана с высокой степенью чистоты при довольно высокой скорости напыления. Преимуществом описываемого метода является простое управление составом напыляемого покрытия. Изменяя материал катода, можно легко получать покрытия соответствующие материалу катода по чистоте и исходным па-

раметрам, а при введении в камеру различных химических соединений в виде газов или паров можно получать на поверхностях деталей покрытия желаемого состава. Многочисленные исследования термоэмиссионной стойкости сеточных электродов с титановым покрытием, проводимые на АО «С.Е.Д.-СПб», показали, что уровень их термоэлектронной эмиссии с запасом укладывается в нормативные значения.

Список литературы

1. Редакционная коллегия: Алфёров Ж.И. — главный редактор; Попов В.В. — заместитель главного редактора; Быстров Ю.А.; Клевцов В. А.; Сейсян Р. П.; Цветов В. П.. Петербургская–Ленинградская школа электроники. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 658 с.
2. Барченко В.Т., Лисенков А.А., Прилуцкий В.С., Шануренко А.К. Под общей ред. Быстрова Ю.А.. Современные технологические процессы в производстве мощных генераторных ламп. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. 208 с.
3. Барченко В.Т., Ветров Н.З., Лисенков А.А. Технологические вакуумно-дуговые источники плазмы. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 242 с.
4. Рыков А.А., Юрченков М.И., Пикус М.И., Кострин Д.К., Лисенков А.А. Модифицирование поверхностных слоев плазмой вакуумно-дугового разряда за счет управления энергией осаждающихся частиц. Тезисы конференции ФизикА.СПб/2017.

ЗОНДОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В РАЗРЯДЕ МАГНЕТРОНА С ГОРЯЧЕЙ СЭНДВИЧ-МИШЕНЬЮ

В.В. СМЕРНОВ, А. С. НИКИФОРОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Сэндвич-мишень, используемая при магнетронном распылении, позволяет получать твердый раствор соединений переходных металлов. В данной работе были проведены измерения вольт-амперной характеристики зонда. В результате были получены семейства характеристик при разных давлениях аргона. Для них были рассчитаны такие параметры плазмы, как концентрация электронов и ионов, а также температура.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №15-19-00076

Ключевые слова: магнетронное распыление, сэндвич-мишень, зондовые измерения

При получении пленок методом магнетронного распыления необходим систематический контроль и диагностика параметров газового разряда в рабочей камере.

Для получения данных о газовом разряде использовался зонд Ленгмюра, который изготовлен из вольфрамовой проволоки длиной 7 мм и диаметром 0.05 мм. Зонд помещали на расстоянии 150 мм от катодного узла. Зонд был обеспечен двумя керамическими изоляторами во избежание короткого замыкания, который вызван распылением проводящего вещества [3]. Внешняя втулка была на 1 мм дальше внутренней, что позволяет достигнуть практически неограниченный срок службы зонда. За анод были приняты стенки камеры. Данные, полученные с зонда, регистрировались с помощью компьютерной программы Probe_CVC разработанной в «ЛЭТИ».

Менее чем за 1 сек была проведена выборка полной характеристики. Измерения параметров проводились при распылении мишени из пары титан-хром в среде аргона, при работе магнетрона на постоянном токе. В камере был создан высокий вакуум с помощью системы насосов: форвакуумный и паромасляный. Вакуумная камера диаметром 60 см и высотой 75 см. Перед проведением эксперимента давление откачивалось до 10^{-4} Па (10^{-6}

Торр). Рабочий газ вводился через обратный клапан. В экспериментах использовался аргон чистотой $\approx 99.998\%$. Сэндвич-мишень состояла из пары Ti-Cr диаметром 13 см. На рис. 1 представлена схема включения зонда в цепь.

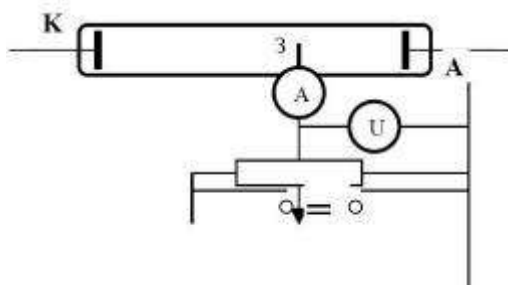


Рис. 1 – схема измерения одиночного зонда

По ВАХ зонда была определена температура электронов T_e , используя выражение (1).

$$\frac{kT_e}{e} = - \left(\frac{d(\ln(i_e))}{dU_3} \right)^{-1} \quad (1)$$

По наклону логарифмической зависимости тока зонда от поданного на зонд напряжения была определена T_e . А с помощью T_e можно рассчитать концентрацию электронов по хаотическому току на зонде при потенциале пространства U_{nl} .

$$n_e = \frac{4i_e(U_{nl})}{e\bar{v}S_3} \quad (2)$$

Концентрация ионов n_i определяется по ВАХ зонда в области ионного тока насыщения. Для нахождения $I_{e\text{ нас}}$, $I_{+ \text{ нас}}$, которые необходимы при расчете концентраций заряженных частиц, производился расчет на основании полученных зависимостей [2]. При значении U_{nl} (потенциал плазмы) на зонде преобладает электронный ток, то есть зонд принимает положительный потенциал относительно плазмы и электроны начинают стекать на электрод. Если зонд заряжается сильно отрицательно относительно U_{nl} , начинает преобладать ионный ток насыщения $I_{+ \text{ нас}}$ [1]. Для расчета были использованы следующие формулы (3), (4):

$$I_{+ \text{ нас}} \approx 0.52eSn_+ \sqrt{\frac{k_B T_e}{m_+}} \quad (3)$$

$$n_+ = \frac{i_{+ \text{ нас}}}{0.52eS} \sqrt{\frac{m_+}{k_B T_e}} \quad (4)$$

Где e – заряд электрона, k_B – постоянная Больцмана, T_e – температура электронов, S – площадь рабочей поверхности зонда, m_+ – масса иона аргона, n_+ – концентрация ионов.

В случае расчета концентрации электронов (5):

$$n_e = \frac{4i_{e \text{ нас}}(U_s)}{eS\bar{v}_e} \quad (5)$$

где m_e – масса электрона, S – площадь рабочей поверхности зонда. На рис. 2 представлены ВАХ зонда при токах 1, 2 и 3 А и заданном давлении аргона 2 мТорр.

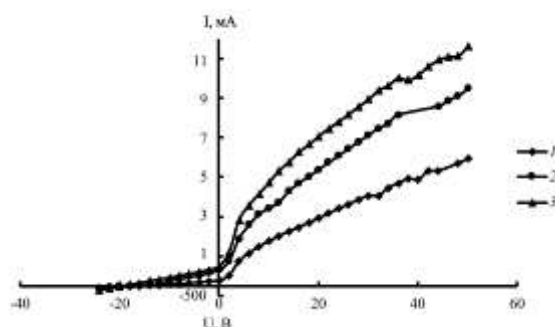


Рис. 2 – семейство ВАХ при давлении аргона 2 мТорр и токах 1 – 27 мА/м²; 2 – 54 мА/м²; 3 – 80 мА/м²

Ниже приведены значения температур и концентраций заряженных частиц (см. Табл.1)

Таблица 1.

Параметры плазмы при давлении аргона 2 мТорр

J, мА/см ²	$T_{e\text{cold}},$ 10 ⁵ К	$T_{e\text{hot}},$ 10 ⁴ К	$n_{e\text{cold}},$ 10 ⁵ м ⁻³	$n_{e\text{hot}},$ м ⁻³	$T_{e\text{average}},$ 10 ⁵ К	$n_{+},$ 10 ¹⁵ м ⁻³
14	1.11	4.50	1.77	2.77	1.56	4.32
27	1.07	3.31	3.79	6.81	1.40	3.74
41	0.79	3.17	2.58	4.10	1.11	6.53
54	0.97	3.17	2.33	4.07	1.29	7.72
67	0.98	2.55	5.41	10.6	1.24	5.75
80	1.01	3.04	5.98	10.9	1.31	8.94
93	1.08	4.37	3.45	5.43	1.52	11.1
106	1.52	3.50	5.39	11.3	1.87	12.9
118	1.10	3.04	5.40	11.3	1.40	12.3
131	1.52	3.87	5.60	11.1	1.90	13.5

Вывод: Установлено сходство характера зависимостей ВАХ зонда при магнетронном распылении сэндвич-мишени и при магнетронном распылении классического холодного катода. Так же наблюдается в области уменьшения значения концентрации и температур заряженных частиц при токах от 27 до 54 мА/см², которые могут быть обусловлены включением титана в общий распыляемый поток.

Список литературы

1. J. M. Hendron, C. M. O. Mahony [et.al] / ditional plasma confinement PetrS// Journal of Applied Physics 1997. V.81. P. 2131.
2. J.W. Bradley, H. Backer. [et.al] / Time-resolved Langmuir probe measurements at the substrate position in a pulsed mid-frequency DC magnetron plasma // Surface and Coatings Technology 2005. V. 135. P. 221-228.
3. M. Spolaore, V. Antoni, [et.al] / Automatic Langmuir probe measurement in a magnetron sputtering system // Surface and Coatings Technology 1999. V. 116–119. P. 1083-1088.

РАСЧЁТ ЗОННЫХ ДИАГРАММ И ПРОФИЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ GaAs pHEMT ГЕТЕРОСТРУКТУР

С.М. СОБОЛЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе приводятся результаты исследования двусторонне легированных GaAs pHEMT гетероструктур. Особое внимание уделяется расчётам зонных диаграмм и концентрационных профилей, проводимых с помощью самосогласованной системы уравнений Пуассона и Шрёдингера. Исследованы окрестности квантовой ямы InGaAs/GaAs, получены профили распределения концентрации основных носителей заряда, зонные диаграммы для различной геометрии подзатворной области.

Ключевые слова: HEMT, квантовая яма, InGaAs/GaAs, зонная диаграмма, профиль концентрации, численное моделирование.

На сегодняшний день HEMT транзисторы относятся к самым быстродействующим активным элементам микро- и нанoeлектроники. Регулярно публикуются сведения о всё новых рекордных результатах, связанных с совершенствованием технологии и использованием новых материалов рабочей области, таких, как GaN и InP, постоянно расширяется круг областей использования таких приборов. Толщины слоев таких гетероструктур достигают десятков нанометров, и, как следствие, свойства образцов в целом сильно зависят даже от незначительного изменения параметров слоев (толщины, состава и уровня легирования)[1]. В этой связи особое внимание следует уделять распределению концентрации основных носителей заряда в области квантовой ямы InGaAs/GaAs. Область двумерного электронного газа (ДЭГ) в GaAs HEMT структурах формируется в нелегированном слое GaAs вблизи гетерограницы с донорным слоем AlGaAs[2]. Плотность ДЭГ в GaAs и подвижность носителей заряда в канале определяет такие характеристики прибора как предельную частоту работы, быстродействие, рабочий ток и выходную мощность.

Зонные диаграммы и концентрационные профили позволяют получить информацию о распределении концентрации основных носителей заряда по активным слоям в структуре, что может быть полезно для прогнозирования характеристик прибора, в частности: толщин и последовательности расположения слоёв используемых полупроводниковых материалов, а также состава и уровня легирования. Расчёт зонных диаграмм и распределения концентрации носителей заряда по структуре необходимы также для контроля экспериментальных методов исследования, среди которых широко распространены емкостные методы диагностики[3].

Для расчёта зонных диаграмм и концентрационных профилей в данной работе используется самосогласованное решение системы уравнений Пуассона и Шрёдингера. Процедура решения данной системы представляет собой итерационную схему, в ходе которой на каждой итерации происходит уточнение пространственного распределения электростатического потенциала и профиля концентрации основных носителей заряда до сходимости решения с заданной точностью[4,5].

В работе исследовалась серия двусторонне легированных GaAs pHEMT гетероструктур идентичного дизайна. Как правило, такие гетероструктуры используются в качестве мощных транзисторных ключей, при этом наличие дополнительной области легирования диктуется необходимым требованием по увеличению рабочего тока прибора. Последовательность слоёв структуры приведена на рис.1

GaAs контактный слой
Al _{0.9} Ga _{0.1} As стоп-слой
GaAs выравнивающий слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As барьерный слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As донорный слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As спейсерный слой
GaAs выравнивающий слой
In _{0.22} Ga _{0.78} As квантовая яма
GaAs выравнивающий слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As барьерный слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As донорный слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As спейсерный слой
Al _{0.22} Ga _{0.78} As/GaAs буферный слой
GaAs подложка

Рис. 1. Последовательность слоёв GaAs pHEMT гетероструктуры

Для исследованной НЕМТ гетероструктуры получены зонные диаграммы и рассчитан профиль распределения концентрации основных носителей заряда. Как и ожидалось, в области слоя с квантовой ямой и в области донорного слоя хорошо различимы два близко-расположенных концентрационных пика. В свою очередь, на концентрационном пике от квантовой ямы наблюдаются два локальных максимума, связанных с пространственной локализацией носителей заряда в симметричной квантовой яме InGaAs/GaAs.

Исследование влияния геометрии подзатворной области pHEMT гетероструктуры на результаты распределения концентрации показало, что уменьшение толщин активных легированных слоёв приводит к сужению концентрационного максимума в области донорного слоя. Показано, что утонение градиентно-легированного барьерного слоя AlGaAs снижает интенсивности концентрационных пиков как от донорной области, так и в окрестности квантовой ямы. Результаты расчетов хорошо согласуются с паспортными данными.

Список литературы

1. Takashi Mimura. Development of High Electron Mobility Transistor // Japanese Journal of Applied Physics. 2005, Vol. 44, No. 12, PP. 8263–8268
2. Алфёров Ж.И. История и будущее полупроводниковых структур // Физика и техника полупроводников. 1998, том 32, вып. №01.
3. Электрохимическое вольт-емкостное профилирование концентрации свободных носителей заряда в НЕМТ-гетероструктурах на основе соединений InGaAs/AlGaAs/GaAs // П.Н. Брунков, А.А. Гуткин, М.Э. Рудинский и др. // Физика и техника полупроводников. 2011, том 45, вып. № 06
4. I-H. Tan, G. L. Snider, L. D. Chang, E. L. Hu. A self-consistent solution of Schrodinger-Poisson equations using a nonuniform mesh // Journal of Applied Physics, Vol. 68, pp. 4071
5. Зубков В.И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса. — СПб.:ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2007.220 с.

АВТОНОМНЫЙ ДАТЧИК С СИСТЕМОЙ СБОРА И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ РАДИОВОЛН

С.В. ШАПОВАЛОВ, И. СТЕБЛЕВСКА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассматривается проблема разработки беспроводного автономного датчика на основе концепции «Energy harvesting». Описаны причины, сделавшие возможным создание таких датчиков, виды источников возобновляемой энергии, приведена структурная схема разрабатываемого устройства, выполнен подбор комплектующих для изделия и представлены результаты оценки нагрузочной способности источника питания типа «Energy harvester».

Ключевые слова: Energy harvesting, беспроводной автономный датчик, система сбора и накопления энергии, низкое энергопотребление.

Идея использования возобновляемой и альтернативной энергии для обеспечения питания электронных устройств уже давно привлекает внимание учёных и инженеров. Замена систем с проводным или батарейным питанием на устройства, разрабатываемые в рамках концепции «Energy harvesting» («Сбор энергии») позволит отказаться от проводов питания, и, что самое главное, значительно увеличить срок службы изделия. Если источник питания сможет обеспечить изделие необходимой энергией, то оно будет функционировать автономно до полного износа своей компонентной базы. Однако до недавнего времени, разработчики сталкивались с ситуацией, когда для питания разрабатываемого устройства либо хватало мощности источника возобновляемой энергии, либо габариты источника, необходимые для обеспечения требуемой выходной мощности, получались слишком большими.

В настоящее время ситуация изменилась. Основная тенденция развития электроники сейчас – это уменьшение энергопотребления электронных компонентов с одновременным увеличением их производительности. Ярким примером является микроконтроллер MSP430FR2033IPM с током потребления 126мкА/МГц в активном режиме и 15нА в режиме сна [2]. Появление на рынке таких компонентов, продаваемых по относительно невысокой цене (цена MSP430 у дистрибьютера «Компел» составляет около 1.4\$), стимулирует возрастание интереса к концепции «Energy harvesting».

Таблица 1.

Ориентировочные уровни мощности технологии «Energy harvesting»

Источник энергии		Уровень мощности
Солнечные панели	Внутри помещений	4мкВт/см ²
	Снаружи	100мкВт/см ²
Вибрация/движение	Человек	25мкВт/см ²
	Промышленность	1-10мВт/см ²
Термоэлектрический эффект	Человек	10мкВт/см ²
	Промышленность	10мВт/см ²
Радиоволны	GSM	0.1мкВт/см ²
	Wi-Fi	1мкВт/см ²

Перечень источников возобновляемой энергии довольно широк – эту функцию могут выполнять источники оптического излучения, вибрации, радиоволн и т.д. В табл. 1 пред-

ставлена примерная количественная оценка величины энергии на единицу площади, которую можно получить, используя разные источники [1].

Несмотря на тот факт, что при передаче энергии посредством радиоволн, получается передать наименьшее количество энергии на единицу площади, этот способ имеет ряд преимуществ перед своими конкурентами. Источники радиоизлучения не зависят ни от погоды (как в случае с солнечными батареями), ни от внешних факторов (требование наличия вибрации/движения, разницы температур и т.д.) и им не требуется иметь приёмник энергии в зоне видимости. По этим причинам система с питанием от радиоволнового излучения будет гораздо более гибкой и универсальной, нежели остальные.

Основным достоинством концепции «Energy harvesting» является то, что разработчик на её основе может создать систему автономных датчиков, осуществляющих сбор информации об интересующем объекте и передающих эту информацию по беспроводному каналу связи в центр её обработки и анализа. Структурная схема такой системы представлена на рисунке 1.

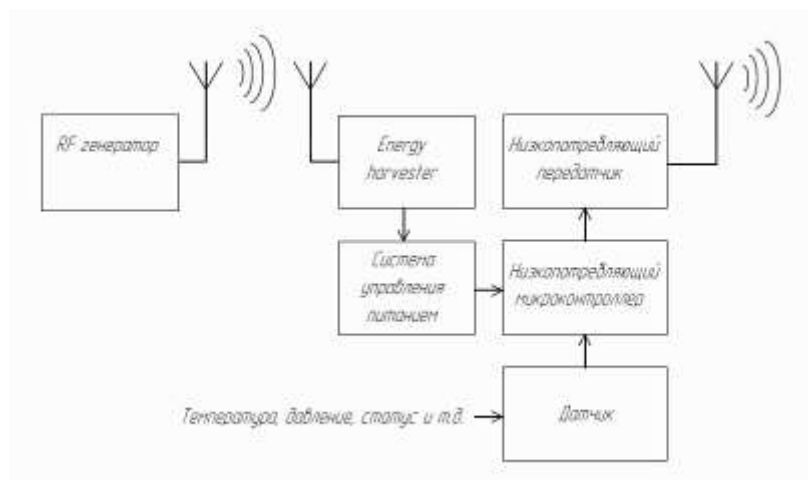


Рис. 1. Структурная схема беспроводного автономного датчика

Блок «Energy harvester» предназначен для преобразования электромагнитных волн RF в постоянный ток DC. В состав блока входят колебательный LC-контур для выделения резонансной частоты, на которой ведётся передача энергии и умножитель напряжения, выполненный на диодах с минимальным падением напряжения в открытом состоянии. Для того чтобы обеспечить стабильное электропитание в устройство необходимо добавить систему управления питанием основанную на повышающем DC-DC преобразователе. Это позволит зафиксировать питающее напряжение на уровне 3.3В, а также сохранять излишки энергии в накопительном элементе (конденсатор, аккумулятор) для того, чтобы иметь возможность автономно работать некоторое время при отсутствии внешнего питания.

Задача датчика состоит в преобразовании измеряемой физической величины (температура, давление, влажность и т.д.) в электрический сигнал и передачи его по какому-либо интерфейсу (I2C, SPI, 1-Wire и т.д.) в микроконтроллер. Микроконтроллер, после первичной обработки, пересылает данные, полученные от датчика по беспроводному интерфейсу (RFID, ZigBee, Bluetooth и т.д.) в устройства, предназначенные для дальнейшего анализа и обработки этой информации.

Целью данной работы является разработка системы сбора и накопления энергии электромагнитного излучения для питания автономного датчика температуры и влажности. Принимая во внимание то, что комплектующие датчика должны иметь как можно мень-

шее электропотребление был сделан выбор в пользу микроконтроллера MSP430FR2033IPM (126мкА/МГц в активном режиме), датчика температуры и влажности SHT21 (330мкА в активном режиме) и микросхемы IPJ-P6005-X2AT (200мкА в активном режиме), предназначенной для организации передачи данных с помощью радиочастотной идентификации (RFID) [2-4]. Суммарное потребление схемы таким образом будет равняться сумме потреблений всех микросхем в устройстве и будет равным $I_n = \sum I_n \approx 700\text{мкА}$ в активном и 35мкА в пассивном режиме. Для реализации приёмников радиочастотного излучения было решено использовать микросхемы РСС компании POWERCAST.

Чтобы оценить нагрузочную способность источника питания типа «Energy harvester» этот источник был собран на макетной плате (см. рис.2). Передача энергии на тестируемую плату велась передатчиком IMPINJ IPJ-REV-R420 на частоте 870МГц с мощностью 1Вт. К входу тестируемого источника подключена тестовая дипольная антенна («полуволновый вибратор»). Источник питания попеременно подключался к различной нагрузке. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Оценка нагрузочной способности источника питания типа «Energy harvester»

Дальность	Сопротивление нагрузки	Напряжение на нагрузке	Ток через нагрузку	Мощность на нагрузке
30 см	1 МОм	4.16 В	4.2 мкА	1.7 мкВт
	150 кОм	4 В	26.7 мкА	107 мкВт
	10 кОм	3.52 В	352 мкА	1.2 мВт
	910 Ом	1 В	1.1 мА	1.1 мВт
	510 Ом	470 мВ	0.9 мА	433 мкВт
	20 Ом	20 мВ	1 мА	20 мкВт
1 м	1 МОм	1 В	1 мкА	1 мкВт
	150 кОм	900 мВ	6 мкА	5.4 мкВт
	10 кОм	750 мВ	75 мкА	56 мкВт
	910 Ом	240 мВ	264 мкА	63 мкВт
	510 Ом	100 мВ	196 мкА	19 мкВт
	20 Ом	5 мВ	250 мкА	1.2 мкВт
2 м	1 МОм	480 мВ	0.5 мкА	0.2 мкВт
	150 кОм	320 мВ	2.1 мкА	0.7 мкВт
	10 кОм	240 мВ	24 мкА	5.8 мкВт
	910 Ом	90 мВ	99 мкА	8.9 мкВт
	510 Ом	42 мВ	82мкА	3.5 мкВт
	20 Ом	2 мВ	100 мкА	0.2 мкВт
3 м	1 МОм	260 мВ	0.3 мкА	0.1 мкВт
	150 кОм	200 мВ	1.3 мкА	0.3 мкВт
	10 кОм	150 мВ	15 мкА	2.3 мкВт
	910 Ом	42 мВ	46 мкА	1.9 мкВт
	510 Ом	20 мВ	39 мкА	0.7 мкВт
	20 Ом	1 мВ	50 мкА	0.05 мкВт

Из таблицы 2 видно, что источник питания не сможет обеспечить необходимое энергопотребление устройства, постоянно работающего в активном режиме на расстоянии бо-

лее 1 м. Однако в постоянном функционировании цифровой части устройства нет нужды. Для большинства задач достаточно опрашивать датчик через 1.5-2 с и с той же периодичностью отправлять данные о температуре и влажности по беспроводному интерфейсу. Поэтому разумно будет организовать работу устройства так, чтобы основную часть времени устройство функционировало в пассивном состоянии (режим низкого потребления, $I_{\text{п}} \approx 35 \text{ мкА}$), но через каждую секунду (или большее время в зависимости от ситуации) устройство переходило в активное состояние на 3-5 мс, чтобы выполнить измерения температуры и влажности и передать эти данные по беспроводному каналу связи. Таким образом, интегральное потребление устройство будет в 1000 раз меньше и будет составлять около 40мкА. Такая величина энергопотребления может быть обеспечена источником питания типа «Energy harvester» на расстоянии до 3 м. Дальность можно увеличить двумя способами. Во-первых, увеличив мощность генератора радиоволн, если это допускается нормами по электромагнитной совместимости, а во-вторых, увеличив время между измерениями, тем самым снизив среднее потребление устройства. Также можно предположить, что оптимизация приёмной антенны позволит несколько увеличить эффективность разработанного источника питания.

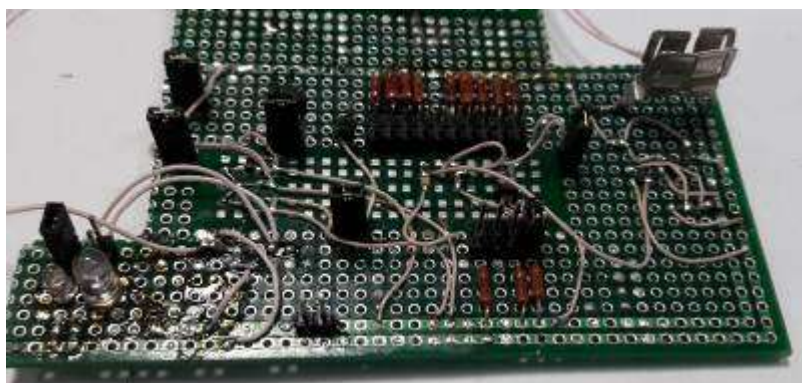


Рис. 2. Макетная плата для испытаний источника питания типа «Energy harvester»

Список литературы

1. Nasiri Adel, Zabalawi Salaheddin A., Mandic Goran. Indoor Power Harvesting Using Photovoltaic Cells for Low-Power Applications // IEEE transactions on industrial electronics, 2009, vol. 56, no. 11, pp. 4502-4509. doi: 10.1109/TIE.2009.2020703.
2. Data sheet: MSP430FR2033IPM. TEXAS INSTRUMENTS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com/lit/ds/slase45b/slase45b.pdf>, свободный. Проверено 07.02.2018.
3. Data sheet: SHT21. PREMIER FARNEL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.farnell.com/datasheets/1780639.pdf>, свободный. Проверено 07.02.2018.
4. Data sheet: IPJ-P6005-X2AT. IMPINJ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.impinj.com/itemsense/docs/api/>, свободный. Проверено 07.02.2018.

ОСОБЕННОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ОСТРИЙНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ В ПАРАХ ЖИДКОСТИ

А. С. ТАЛАНОВ, А. Н. РАМАЗАНОВ, Д. К. КОСТРИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Показаны особенности существования тлеющего разряда с острым электродом в парах жидкости. Представлена схема регулируемого источника мощности для возбуждения тлеющего разряда. Описана экспериментальная установка с кипением в канале. Получена спектрограмма влияния солей в растворе на эмиссионную характеристику разряда

Ключевые слова: тлеющий разряд; кипение в канале; эмиссионный спектр

В последнее время особым научно-исследовательским интересом пользуется газовый разряд, существующий в парах жидкости [1, 2]. Данный тип разряда относится к тлеющему разряду, представляющему собой вид самостоятельного электрического разряда с холодным катодом. Диапазон областей применения обширен и не ограничивается только использованием в качестве среды накачки для лазеров, он также применяется для очистки воды, достигаемой за счет ослабления связей органических соединений, и контроля состава образца раствора [3, 4].

Для инициализации и поддержания тлеющего разряда используются высоковольтные импульсные источники мощности, способные не только обеспечить заданные выходные характеристики, но также позволяющие регулировать их в широком диапазоне, позволяя найти оптимальный режим работы. С целью проведения дальнейших экспериментов была разработана схема на основе таймера NE555N, изображенная на рис. 1.

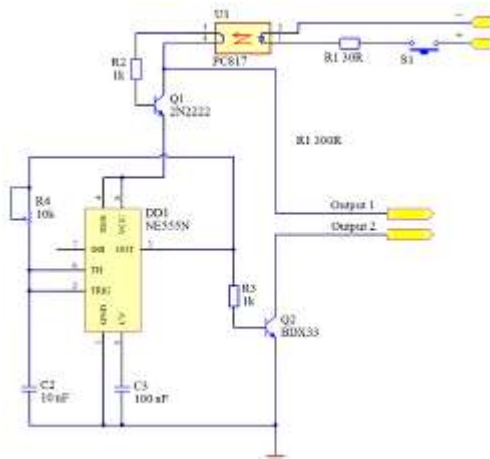


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема импульсного высоковольтного источника мощности на основе таймера NE555N

Принцип работы схемы довольно прост. После нажатия кнопки включается оптронный датчик U1, выходное сопротивление которого составляет порядка 50 Ом. Данной величины хватает для включения транзистора 2N2222, который дает энергию для питания таймера U2. Частоту и скважность выходных импульсов микросхемы можно регулировать в данном случае не только изменением номиналов обвязки, но и с помощью потенциометра R4. Импульсы с выхода таймера поступают на транзистор Q2, усиливающего импульсы

тока. После него сигналы поступают на первичную обмотку трансформатора, со вторичной обмотки снимается увеличенное в несколько сотен раз напряжение. Стоящий на выходе со вторичной обмотки высоковольтный умножитель не только выпрямляет импульсы, но и усиливает напряжение, в зависимости от количества используемых каскадов. Важными особенностями схемы является небольшое количество используемых элементов, простота управления выходными параметрами и габариты, допускающие расположение схемы в небольшом компактном корпусе. Топология изготовленной экспериментальной схемы представлена на рис. 2

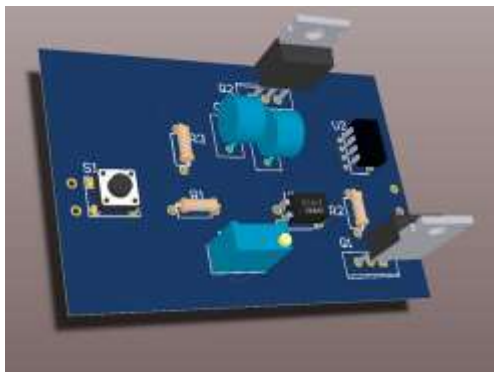


Рис. 2. Топология импульсного источника мощности на основе таймера NE555N

На рис. 3 представлена осциллограмма на выходе разработанной экспериментальной схемы. Наличие выбросов связано с паразитными индуктивностями используемых резисторов, а также нагрузочного резистора, установленного на выходе схемы. Имеющиеся выбросы не окажут влияния на форму сигнала с трансформатора, поскольку он также имеет индуктивность.

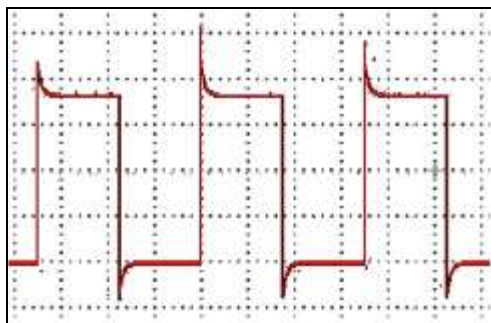


Рис. 3. Осциллограмма выходного сигнала при $f = 22$ кГц

В ходе последующих экспериментов исследовалось явление с кипением в канале, представленная на рис. 4. Разряда возникает непосредственно в воде, заполняющей капилляр, что положительно сказывается на спектре, так как свечение электродов, воздуха и других веществ в воздухе не будет заснято спектрометром. Возникающий в системе разряд похож на дуговой и у него может быть выделено три стадии протекания процессов:

- напряжение и ток растут до момента возникновения разряда, т. е. до появления в воде вспышки;
- напряжение зажигания снижается до уровня напряжения горения;
- ток не оказывает влияния на напряжение.



Рис. 4. Экспериментальная установка системы с кипением в канале

Было установлено, что использование системы с кипением в канале, наиболее пригодно для дальнейшего изучения и применения. Несмотря на существенный недостаток, следует отметить, что засорение разрядного канала не происходит в течении долгого времени, что позволит использоваться систему несколько циклов подряд. Загрязняемые в ходе работы электроды легко подвергаются чистке. Однако используемые в данных экспериментах стальные электроды в дальнейшем могут быть заменены на вольфрамовые. Также простота конструкции и локальное горение разряда в канале делает данную систему возможной в использовании для создания портативного источника для экологического мониторинга водных ресурсов. Замыкание разрядного канала не происходит, поскольку канал с обеих сторон закрыт электродами.

В ходе проведения дальнейших экспериментов рассматривалось влияние наличия примесей в растворе на эмиссионную характеристику разряда. Представленные на рис. 5 спектры были получены с помощью спектрометра ISM3600 с программным обеспечением Aspect2010 [5, 6]. Оптический кабель подводился к стеклянной кювете, в которой горел разряд.

Наличие примесей приводит к увеличению интенсивности спектра в диапазоне длин волн 600...800 нм, что подтверждает проведенные ранее эксперименты. В связи с этим следует в дальнейшем добавлять в исследуемый образец раствора некоторое количество посторонних примесей с целью увеличения пределов обнаружения.

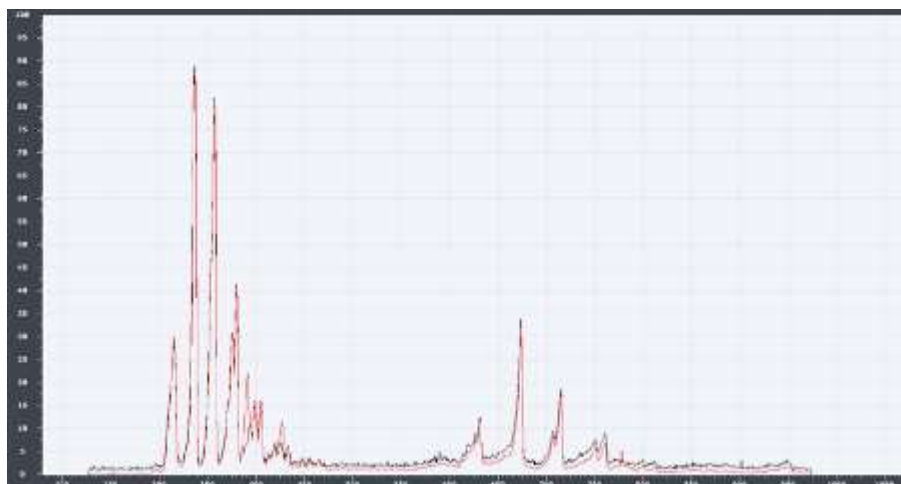


Рис. 5. Эмиссионная характеристика тлеющего разряда с острым электродом при добавлении в раствор перманганата калия

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о принципиальной возможности разработки системы для анализа состава жидкостей по спектрам излучения разряда в жидкости.

Список литературы

1. Webb M. R., Hieftje G. M. Spectrochemical analysis by using discharge devices with solution electrodes // Analytical chemistry. 2009. Vol. 81, № 3. P. 862–867.
2. Рамазанов А. Н., Кострин Д. К. Разрядные системы для спектрохимического анализа // Современная техника и технологии. 2015. № 7. С. 42–46.
3. Mezei P., Cserfalvi T. Electrolyte cathode atmospheric glow discharges for direct solution analysis // Applied spectroscopy reviews. 2007. Vol. 42. P. 573–604.
4. Соколов М. А., Брытов И. А. Использование электрического разряда в жидкости для эмиссионного анализа // Петербургский журнал электроники. 2008. № 2–3. С. 100–104.
5. Uhov A. A., Gerasimov V. A., Kostrin D. K., Selivanov L. M. Use of compact spectrometer for plasma emission qualitative analysis // Journal of Physics: Conference Series. 2014. V. 567. P. 012039.
6. Ухов А. А., Кострин Д. К., Герасимов В. А., Селиванов Л. М. Особенности анализа состава плазмы с помощью малогабаритного оптического спектрометра // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. № 3. С. 7–10.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОТЕРЬ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОПТИЧЕСКИХ МИКРОВОЛНОВОДОВ

Д.А. ШАПРАН, Г.А. ЗАРЕЦКАЯ, А.В. ДРОЗОВСКИЙ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния геометрии оптического микроволновода на вносимые потери и эффективный показатель преломления. Продемонстрировано, что потери в оптическом микроволновODE нелинейно зависят от изменения геометрии и демонстрируют наличие локальных максимумов.

Ключевые слова: радиофотоника, потери, оптический микроволновод

В последние десятилетия основными проблемами микро- и функциональной электроники в являются массогабаритные параметры и быстродействие используемых устройств [1]. В связи с этим, появилось новое научное-техническое направление, возникшее на стыке радиоэлектроники, СВЧ-оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики, фотоники, – радиофотоника. На основе принципов радиофотоники были разработан и в результате создан ряд устройств таких, как: различные системы фильтрации, мультиплексоры и демультиплексоры, электрооптические модуляторы, оптоэлектронные генераторы, аналоговые процессоры [2] и др.

Основой компонентной базы интегральной радиофотоники являются оптические микроволноводы. В свою очередь, одним из главных факторов, ограничивающих применение и скорость работы устройств на основе таких микроволноводов, являются вносимые потери. Потери в микроволноводах зависят от нескольких факторов, важнейшими из которых являются качество изготовления микроволновода и свойства материалов волновода и окружающего его диэлектрика. Вторым фактором является геометрия оптического волновода. Повышение качества используемых в микроволновODE материалов является в основном технологической задачей. Поэтому целью данной работы являлось изучение влияния

геометрии на потери, возникающие при распространении оптической волны в микроволноводе.

Поперечное сечение исследуемой структуры оптического микроволновода схематично представлено на рис 1. Структура представляла собой диэлектрический волновод прямоугольного сечения, окруженный диэлектрической оболочкой. На рис. 1 представлены следующие обозначения: n_{core} – показатель преломления микроволновода; n_{clad} – показатель преломления среды, окружающей микроволновод; h и W – высота и ширина микроволновода, соответственно.

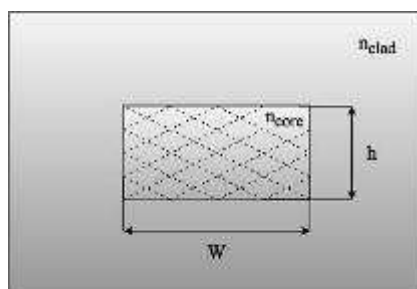


Рис.1 Поперечное сечение исследуемого планарного оптического микроволновода

Отдельно следует отметить, что при моделировании в качестве материала оболочки был выбран оксид кремния (SiO_2), как наиболее часто используемый диэлектрик, применяемый для изоляции интегральных схем, а в качестве материала волновода при расчёте использовались следующие материалы: кремний (Si), нитрид кремния (Si_3N_4), нитрид кремния обогащенный кремнием (SiN_x). Данные материалы наиболее перспективны для создания интегральных радиофотонных приборов и устройств, так на базе кремния уже реализован ряд различных устройств с электронным управлением, нитрид кремния обладает наиболее низкими оптическими потерями, а нитрид кремния, обогащенный кремнием, обладает наиболее высоким коэффициентом нелинейности, что, в свою очередь, позволяет создавать такие устройства, как оптоэлектронные генераторы и генераторы оптических гребенок и т.д.

Моделирование дисперсионных свойств и декремента затухания производилось в пакете COMSOL Multiphysics при помощи модуля Wave Optics Module. При последовательном изменении геометрии и потерь материала волновода производился расчёт действительной части эффективного показателя преломления (n') и декремента затухания (α) диэлектрического волновода для низшей моды Ex_{11} .

На рис. 2 представлена зависимость эффективного показателя преломления от ширины микроволновода при различном значении его высоты, где сплошная линия соответствует значению $h = 0.3$ мкм, пунктирная – $h = 0.5$ мкм, штрих-пунктирная – $h = 0.7$ мкм. При проведении моделирования значение коэффициента преломления волновода составило $n_{\text{core}} = 3.476$. Из рисунка видно, что зависимость n' от W имеет нелинейный характер. По мере увеличения значения W , n' растёт и выходит на насыщение. Данный факт можно объяснить за счёт перераспределения полей в системе волновод/оболочка. По мере увеличения размеров волновода поле волны будет всё больше уходить из оболочки и концентрироваться в микроволноводе. Таким образом, по мере увеличения размеров волновода эффективный показатель преломления (n') будет стремиться к n_{core} .

Зависимость потерь от геометрии оптического волновода, изображённая на рис. 3, имеет нелинейный характер с явно выраженным пиком. Величина пика варьируется от

1.676 дБ/см до 1.698 дБ/см для разных значений высот h : сплошная – $\alpha h = 0.7 \text{ мкм} = 1.684$ дБ/см, пунктирная – $\alpha h = 0.5 \text{ мкм} = 1.698$ дБ/см, штирх-пунктирная – $\alpha h = 0.3 \text{ мкм} = 1.676$ дБ/см. Возникновение пика связано с существованием двух процессов, влияющих на итоговые потери. С одной стороны увеличение W ведёт к увеличению вносимых потерь за счёт концентрации волны в оптическом микроволноводе, с другой стороны скорость волны в структуре нелинейно зависит от геометрии волновода.

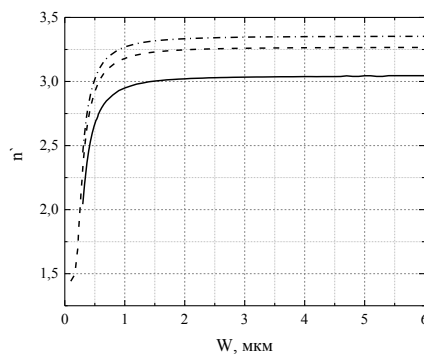


Рис. 2. Влияние геометрии микроволновода на изменение действительной части показателя преломления

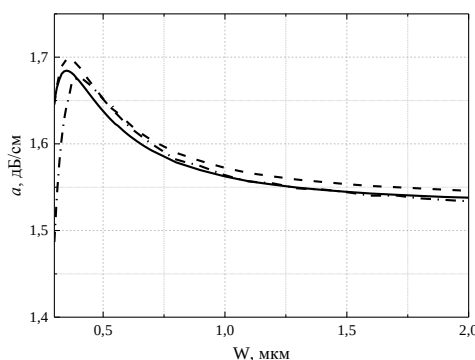


Рис. 3. Влияние геометрии микроволновода на вносимые потери

Таким образом, в ходе данной работы было исследовано влияние геометрических параметров диэлектрического микроволновода на вносимые потери. Было обнаружено, что геометрия волновода оказывает существенное влияние на потери при значениях высоты (h) и ширины (W) меньше 1 мкм, что определяется законом дисперсии низшей моды и распределением полей внутри системы оптический волновод/оболочка.

Работа выполнена в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" (соглашение 14.575.21.0157).

Список литературы

1. N. Daldosso, M. Melchiorri, F. Riboli, F. Sbrana, L. Pavesi, G. Pucker, C. Kompocholis, M. Crivellari, P. Bellutti, A. Lui. Fabrication and optical characterization of thin two-dimensional Si₃N₄ waveguides, materials science in semiconductor processing, p. 453-458, 2004
2. David Marpaung, Chris Roeloffzen, Rene Heideman, Arne Leinse, Salvador Sales, Jose Capmany. Integrated microwave photonics, laser & photonics reviews, p. 1-30, 2012

РАЗРАБОТКА СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

П. С. ШЕВЧЕНКО, Л. Э. СЕЛЕЗНЁВ

ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ»

Аннотация. В настоящее время в различных отраслях промышленности и производстве активно применяются асинхронные двигатели. В частности, в используемых в полиграфии принтерах, двигатели необходимы для подачи бумаги, движения валика с чернилами и т.д. Скорость работы двигателя, как правило, регулируется с помощью широтно-импульсной модуляции. При этом в качестве источника питания используются готовые образцы AC-DC преобразователей, такие как МАА40-1С27-ПКМ. Однако при пуске двигателя из-за большой длительности первого импульса и малого сопротивления обмоток возникает сильный бросок тока. Резкий рост тока может привести к срабатыванию защиты от короткого замыкания и отключению источника питания. В связи с этим актуальной задачей является создание стендового оборудования, которое определяло бы пригодность источника питания для печатного оборудования.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, ac-dc преобразователи, широтно-импульсная модуляция, проверка, стендовое оборудование.

Задача разработки стендового оборудования для проверки источников питания асинхронных двигателей заключалась в проектировании принципиальной схемы стенда, трассировке печатной платы и изготовлении макета стенда, с помощью которого был проведен ряд тестовых испытаний. В целях простоты конструирования, наладки и эксплуатации изделия в условиях производства, стенд был разработан с использованием цифровых микросхем отечественного производства с возможностью их замены на полные аналоги иностранных производителей.

Генератор тактовых импульсов, служащий для регулировки скорости работы стенда, а также длины тактовых импульсов сконструирован на основе КР1006ВИ1, который является полным аналогом микросхемы NE555 фирмы Texas Instruments и подключен как мультивибратор (DD1). Далее сигналы поступают на тактовый вход двоичного счетчика (DD4), проходя при этом через инвертор (DD2) и логический элемент "ИЛИ-НЕ" (DD3). Оба сбросовых входа счетчика подключены к питанию через дифференцирующую RC-цепь для обеспечения начального сброса. Прерывание счета при необходимости можно организовать с помощью кнопки SP1. Выходные сигналы с счетчика, поступают на входы разрешения А, В и С дешифратора (демультиплексора) К555ИД7 (DD5). Сам же логический вход G1 подтянут к питанию, что обеспечивает равномерное и последовательное переключение каналов демультиплексора. Микросхема обладает инверсными выходами, поэтому на выходах необходимо устанавливать инверторы (микросхема DD2 обладает 6 инверторами, которых достаточно для выполнения поставленной задачи). Первые два выхода демультиплексора (Y0-Y1) поступают на микросхему 1561АГ1 (DD6), содержащую два одновибратора. Выходы этих одновибраторов, среди прочего, соединяются со второй парой входов элемента "4ИЛИ-НЕ", что не позволяет поступать тактовым сигналам на вход счетчика пока не закончатся импульсы, выходящие из одновибраторов. Благодаря подстроечным резисторам RK2 и RK3 есть возможность регулировки длительности первого и второго импульса. Количество тактовых импульсов, выходящих из выходов Y2-Y7, можно регулировать с помощью DIP- переключателя на 5 позиций.

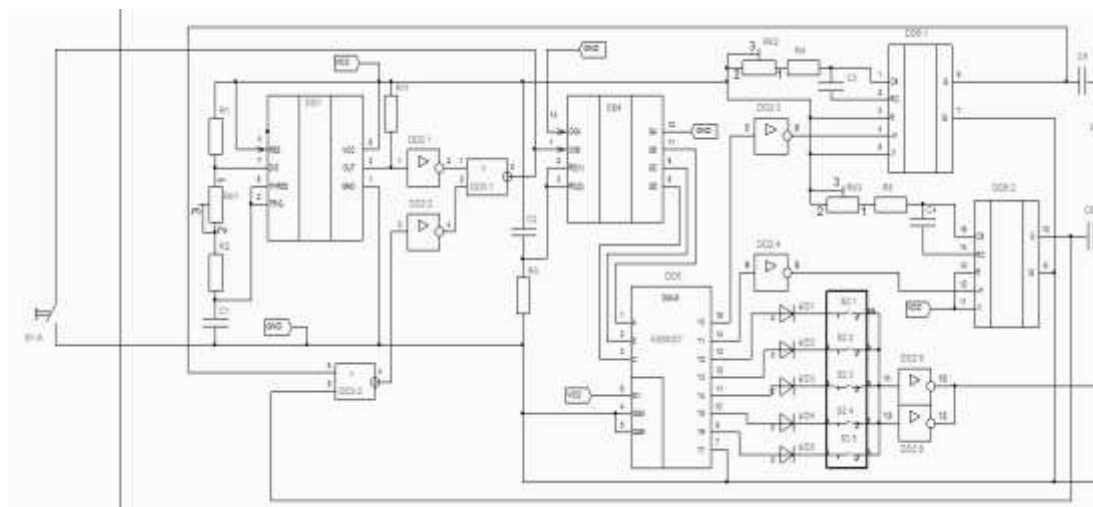


Рис.1. Фрагмент принципиальной схемы стендового оборудования (управляющая часть)

Резисторы RK4, RK5, R6, R7 и конденсаторы C5 C6 входят в состав двух дифференцирующих RC-цепочек, которые искажают управляющие импульсы. В результате, полевые транзисторы VT1, VT2 сначала полностью открыты (сопротивление минимально, что и обеспечивает скачок тока), а затем они постепенно закрываются. Светодиод HL2 служит для индикации о включённом питании стенда, а транзистор VT5, и стабилитрон VD7 – для защиты от "переполюсовки".

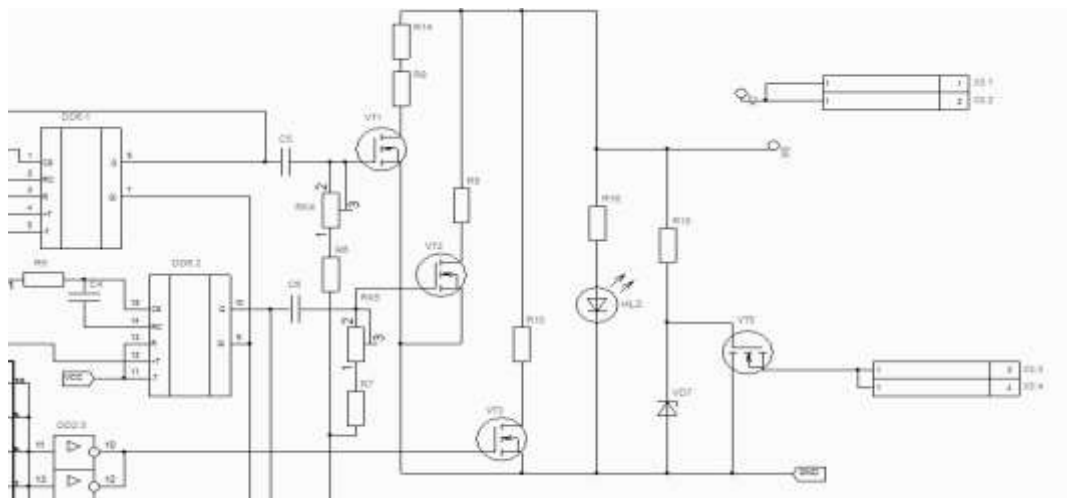


Рис.2. Фрагмент принципиальной схемы стендового оборудования (силовая часть).

Печатную плату ради увеличения компактности было решено сделать двухсторонней, а для упрощения монтажа и ремонта были использованы компоненты в корпусе DIP. Дорожки имеют толщины от 1,5 до 5 мм. Трассировка выполнена в программе P-CAD 2006.

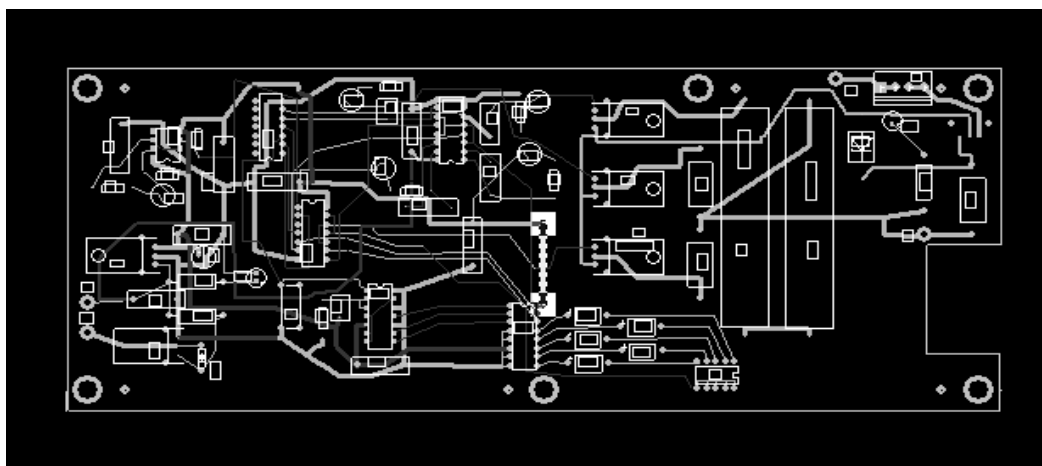


Рис.3. Печатная плата готовая к производству

Осциллограмма выходного сигнала стенда состоит из первого импульса длительностью 8 мс, второго импульса длительностью 2,5 мс, и нескольких тактовых импульсов, что соответствует началу работы двигателя, выхода его на необходимую скорость, а также поддержание им этой скорости. При этом схема сохраняет работоспособность в широком диапазоне частот.

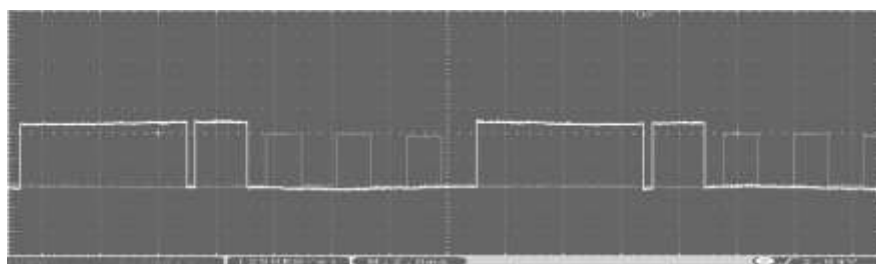


Рис.4. Выходная осциллограмма управляющей части стенда при частоте 400Гц

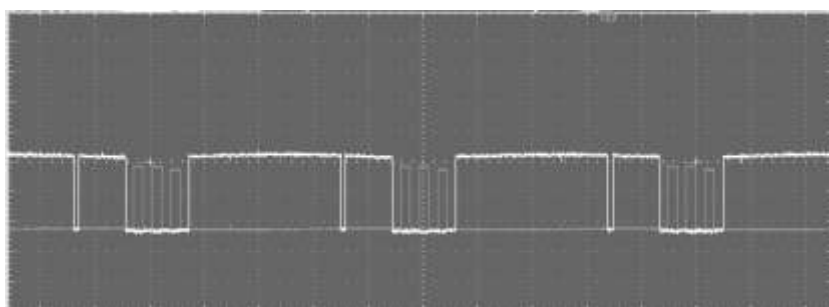


Рис.5 - Выходная осциллограмма управляющей части стенда при частоте 5кГц

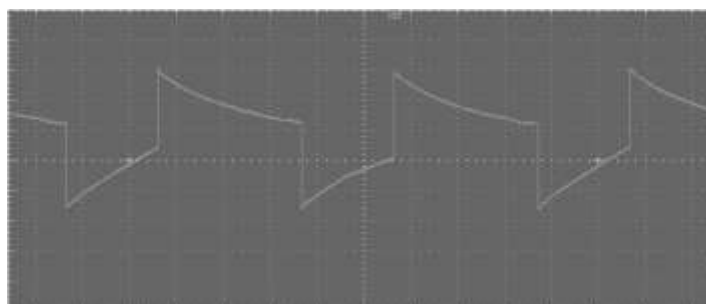


Рис.4. Осциллограмма сигнала, приходящего на VT1

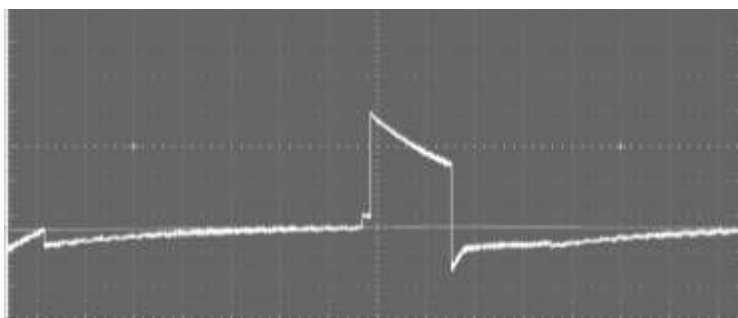


Рис.5. Осциллограмма сигнала, приходящего на VT2

Результатом работы стало устройство, которое практически полностью (за исключением времени работы) повторяет режим работы асинхронного двигателя и позволяет установить пригодность блока питания для соответствующего полиграфического оборудования. Так было установлено, что блок питания МАА40-1С27-ПКМ непригоден к использованию в качестве элемента питания, так как срабатывает защита от короткого замыкания. При этом KD900A-220S27-CL оказался пригоден к использованию, что было подтверждено экспериментально.

Список литературы

1. Кихтенко Д. А. Управление шаговыми двигателями в микрошаговом режиме, оптимизация управления // Современные технические средства, комплексы и системы. ААЭКС. № 2 (12). 2003.
2. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. М., 1980. —928с.
3. Рентюк В. «Управление двигателями постоянного тока» // РадиоЛоцман. 2014, вып. №41.

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА КИСЛОРОДА ПРИ ОСАЖДЕНИИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПЛЕНОК ОКСИНИТРИДА ТИТАНА

Д.С. ШЕСТАКОВ, В.В. СМЕРНОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрены механические свойства плёнок, полученных реактивным магнетронным распылением горячей титановой мишени в атмосфере аргона, кислорода и азота. Измерялся коэффициент трения. Экспериментальные данные были проанализированы с использованием полиномиальных моделей, и было показано влияние расхода кислорода при нанесении на коэффициент трения плёнок оксинитрида титана.

Ключевые слова: модель, оксинитрид титана, коэффициент трения

Исследование проводится при поддержке РФФИ (грант 15-19-00076).

Пленки оксинитрида титана TiO_xN_y – это класс материалов, которые привлекают внимание многих исследователей [1]. Их используют во многих приложениях: при изготовлении солнечных [2] и литиевых батарей [3], для защиты металлов от воздействия агрессивных сред и повышения их поверхностных механических свойств [4] и др. Регулируя соотношение кислорода и азота, можно получить пленочный материал с заданными физическими и химическими свойствами.

Цель данной работы состояла в изучении влияния расхода кислорода на коэффициент трения пленок TiO_xN_y .

Пленки получены с помощью реактивного магнетронного распыления на постоянном токе горячей титановой мишени в среде аргона, кислорода и азота. Регулируя соотношение кислорода и азота, можно получить пленочный материал с заданными физическими и химическими свойствами.

Испытание трением проводилось с помощью сканирующего твердомера «НаноСкан-4D» (предприятие-изготовитель ФГБНУ ТИСНУМ). Метод измерения — многоцикловое трение сферическим наконечником с регистрацией силы прижима, боковой силы и углубления наконечника в образец.

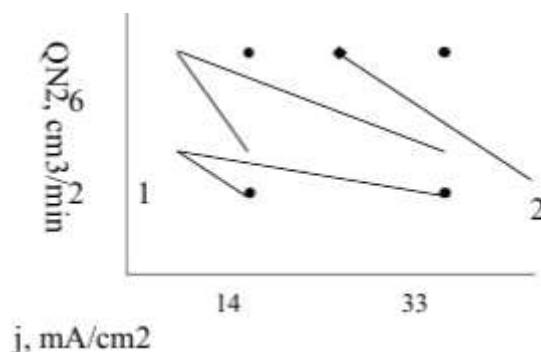


Рис. 1. План эксперимента первого порядка

Предварительно рассмотрим результаты исследования механических свойств пленок нитрида титана (TiN), осажденных при разных технологических режимах. Эксперимент в данном случае был выполнен по плану первого порядка, в котором измеряли коэффициент трения (μ) у четырех образцов при нормальном усилии 1 мН. План схематически отображен на рис.1 точками 1. Независимые переменные в этом плане (плотность тока разряда j и расход азота Q_{N_2}) изменяли на двух уровнях, как показано на рис.1.

Этот эксперимент позволяет построить модель, отражающую влияние выделенных параметров на коэффициент трения пленок TiN в форме полинома первого порядка:

$$\mu = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2, \quad (1)$$

где x_1 — плотность тока $j, \text{mA/cm}^2$; x_2 — расход азота $Q_{N_2}, \text{cm}^3/\text{мин}$. Параметры модели (1) были определены методом наименьших квадратов: $b_0 = 0.07$; $b_1 = 0.0285$; $b_2 = 0.01$. Выражение (1) было использовано для оценки значения μ у образца с пленкой TiO_xN_y , осажденной при расходе кислорода $1 \text{ cm}^3/\text{мин}$ и значениях других параметров, отмеченных на рис.1 точкой 2. Вычисления привело к значению $\mu = 0.089$. В то время, как измерение дало значение $\mu = 0.135$. Обнаруженное различие однозначно свидетельствует об увеличении коэффициента трения при введении в пленку TiN кислорода.

Для более детального исследования этого влияния был выполнен другой эксперимент. В нем использовали план второго порядка, в котором плотность тока была постоянной (22 mA/cm^2) и варьировались расходы реактивных газов. План, показанный на рис. 2 содержал девять точек. Частично результаты измерений отражены точками на рис. 3. По ним методом наименьших квадратов, как и ранее, была построена полиномиальная модель второго порядка:

$$\mu_1 = -2.12 + 1.0935x_1 - 0.52x_2 + 0.118x_1^2 + 0.056x_2^2 + 0.068x_1x_2, \quad (2)$$

где x_1 — расход азота $Q_{N_2}, \text{cm}^3/\text{мин}$, x_2 — расход кислорода $Q_{O_2}, \text{cm}^3/\text{мин}$.

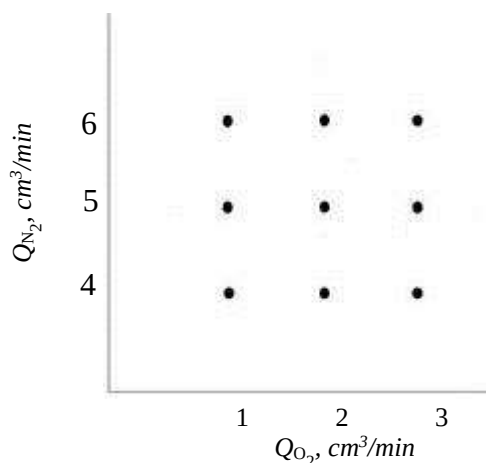


Рис. 2. План эксперимента второго порядка

На рис. 3 линиями показаны зависимости, построенные по модели (2) при разных расходах азота. Рис. 3 подтверждает предварительный результат, полученный по плану первого порядка. В зависимостях на рис. 3 наблюдается тенденция возрастания коэффициента трения при увеличении расхода кислорода в газовой среде.

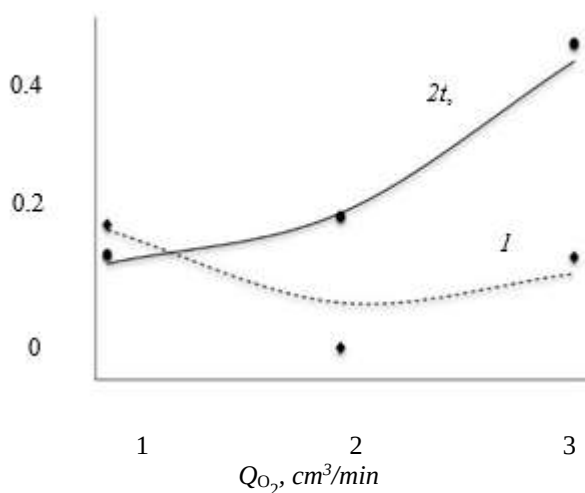


Рис. 3. Графики модели влияния расхода кислорода на величину μ при расходе азота (cm^3/min): 1–4; 2–6

Список литературы

1. Structure and properties of Ti–O–N coatings produced by reactive magnetron sputtering / M. E. Konishev, O. S. Kuzmin, A. A. Pustovalova [et al.] // Russ. Phys. J. 2014. V. 56. P. 1144–1149.
2. Modeling of a selective solar absorber thin film structure based on double TiN_xO_y layers for concentrated solar power applications / J. Zhang, T. P. Chen, Y. C. Liu [et al.] // Solar Energy. 2017. V. 142. P. 33–38
3. Titanium oxynitride thin films as high-capacity and high-rate anode materials for lithium-ion batteries / K.-F. Chiu, S.-H. Su, H.-J. Leu [et al.] // Thin Solid Films. 2015. V. 596. P. 29–33. TiON_003

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОЗДАНИЯ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

А.Е. ЩЕРБАКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

ОАО “Завод Магнетон”

Аннотация. В работе проведен анализ основных радиопоглощающих изделий обеспечивающих электромагнитную совместимость компонентов электронных приборов. На основе полученных данных предложен метод получения радиопоглощающих изделий с использованием метода 3D печати. Получены образцы изделий, измерены их поглощающие свойства и сопоставлены с поглощающими свойствами изделий, традиционно используемых для решения данной задачи.

Ключевые слова: Радиопоглощающие материалы, поглотители электромагнитных волн, композиционные материалы, 3D-технологии, широкополосные поглотители, электромагнитная совместимость, электронная техника.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда содействия инновациям (Умник17-12 №00379)

При создании современных электронных приборов существенное значение имеет обеспечение электронной совместимости компонентов под которой понимается способность системы удовлетворительно работать в данной электромагнитной обстановке без внесения в нее недопустимого электромагнитного возмущения [1,2].

Наибольшее распространение в качестве изделия обеспечивающего радиоэлектронную совместимость компонентов получили листовые поглотители электромагнитных волн. Важным преимуществом является возможность совместного использования нескольких слоев листовых поглотителей с различными характеристиками диэлектрической и магнитной проницаемости, а также разными значениями отражения и поглощения электромагнитной волны для создания эффекта межслоевого переотражения, который обеспечивает максимальный коэффициент радиопоглощения [3].

Однако существующие технологии не могут удовлетворить всем требованиям промышленности, особенно, что касается, многокомпонентных изделий и изделий сложной конфигурации. Целью настоящей работы является расширение ассортимента и повышение характеристик поглотителей электромагнитных волн за счёт возможностей технологий 3D прототипирования (3D-печати). В задачи работы входило получение прототипов композиционных радиопоглощающих изделий, сформированных послойно с помощью технологии пространственной печати, для создания эффекта многослойного поглощения в конечном изделии.

Процесс получения изделия включает в себя несколько этапов. Смешение функционального радиопоглощающего наполнителя и полимерного связующего. В качестве поглощающего наполнителя используется смесь порошкообразных ферритов и карбонильного железа различных фракций, также материал дополнительно содержит углерод различной аллотропной и технической модификаций.

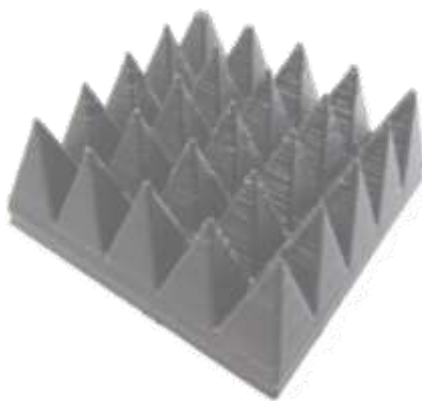


Рис. 1. Пример композиционного радиопоглощающего изделия

Следующим этапом является формирование отдельных элементов изделий, а также разносоставных радиопоглощающих композиции создаваемых методом экструзии используемых для 3D печати, благодаря чему возможно создание многокомпонентных изделий с различными магнитными и диэлектрическими характеристиками.

Последним этапом является формирование радиопоглощающих изделий с помощью объемной печати, задающей геометрию поглощающих структур.

К настоящему времени получены образцы изделий характеристики, которых приведены на Рис. 2. На основании полученных результатов, следует сделать вывод о перспективности применения данного метода по созданию композиционных радиопоглощающих изделий.

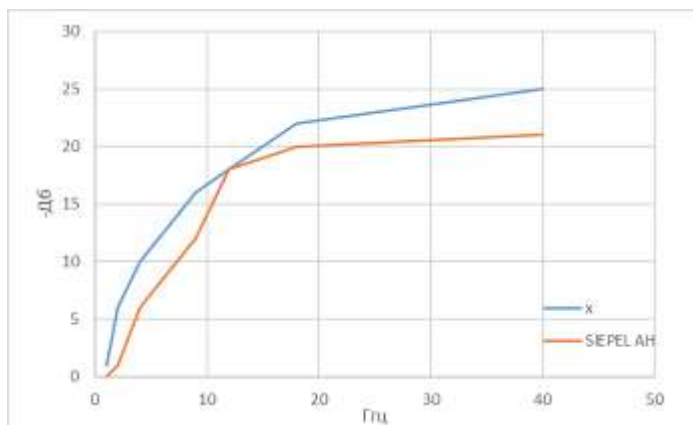


Рис. 2. Сравнение коэффициента поглощения в зависимости от частоты для изделий, создаваемого традиционным методом (SIEPEL AH) и изделия созданного с помощью метода 3D прототипирования

Автор выражает благодарность за помощь в проведении данной работы к.т.н. доц. Голубкову А.Г.

Список литературы

1. Латыпова А. Ф., Калинин Ю. Е. Анализ перспективных радиопоглощающих материалов // Вестник ВГТУ. 2012. №6. С. 70–76
2. Н.А. Малков, А.П. Пудовкин Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств // Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. С. 4–7
3. В. Н. Горшенев, В. В. Колесов, А. С. Фионов, Н. С. Эрихман Многослойные покрытия с изменяемыми электродинамическими характеристиками на основе наполненных полимерных матриц // Журнал радиотехники института радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН. 2016. №11. С. 345–354.

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЯЧЕЙКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

М. И. ЮРЧЕНКОВ, А.А. РЫКОВ, А.А. ЛИСЕНКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Для работы с газоразрядной плазмой в импульсном режиме необходимо учитывать ряд параметров, таких как время запаздывания, формирования и гашения разряда. Также необходимо учитывать длительность, частоту и форму задающих импульсов.

Для исследования процессов, протекающих в газоразрядном промежутке, и выявления вышеперечисленных факторов, использовалась элементарная газоразрядная ячейка, с определенным газовым наполнением и давлением. Данный тип ячейки позволил отработать методику и исследовать импульсные параметры ее работы.

Ключевые слова: импульсный режим, газоразрядная ячейка, время запаздывания, время формирования, время гашения

Исследование параметров газоразрядной плазмы невозможно без понимания и представления о понятии газового разряда. Газовый разряд – совокупность процессов, возникающих при протекании электрического тока через вещество, которое находится в газообразном состоянии. Для зажигания разряда и возможности протекания тока, необходима достаточная степень ионизация газа, происходящая за счёт столкновений электронов с атомами газа. В результате возникает лавинное увеличение числа заряженных частиц, поскольку в процессе ионизации образуются новые электроны, после ускорения начинающие участвовать в процессах соударений с атомами, вызывая их ионизацию.

Процесс зажигания газового разряда во времени, а также длительность этого процесса, является определяющим фактором для большого количества устройств и приборов, работающих в импульсном режиме. Сам процесс зажигания разряда во времени следует разделить на несколько этапов, каждый из которых характеризуется своим временным параметром. Эти параметры в свою очередь зависят от ряда факторов:

время запаздывания разряда: степень интенсивности радиоактивного либо космического излучения; условия ионизации атомов первичными и вторичными электронами; интенсивность исчезновения электронов в межэлектродном промежутке;

время формирования разряда: перераспределение напряженности поля в газоразрядном промежутке; нарастание коэффициента вторичной электронной эмиссии γ ;

время гашения разряда (восстановления электрической прочности прибора): род газа и его давление; размеры междуэлектродного промежутка; остаточное напряжение на электродах.

Газоразрядная ячейка представляет собой двухэлектродную структуру, которая находится в объеме инертного газа, находящегося под высоким давлением. Для исследования процессов, протекающих в элементарной газоразрядной ячейке, спроектирована электрическая схема испытаний с усилителем импульсов, поступающих с выхода задающего генератора, что позволяет достичь значения напряжения, необходимого для работы ячейки в импульсном режиме. Задающий генератор импульсов, позволяет регулировать амплитуду, частоту и длительность сигнала.

Методика исследования заключается в регистрации изменения временных параметров при подаче к двухэлектродному газонаполненному промежутку напряжения с амплитудой U_m , превышающей напряжение зажигания разряда U_z . Для понимания важности каждого

временного параметра, а также его непосредственного влияния на процесс зажигания разряда, рассмотрим из них более подробно.

Время запаздывания разряда $t_{\text{зап}}$ является существенным параметром при использовании холодного катода. Наличие этого параметра связано с тем, что для начала формирования газового разряда, помимо выполнения условия $U_m > U_z$, необходимо наличие мощной электронной лавины, появление которой обусловлено эмиссией достаточного количества электронов с поверхности катода под действием таких факторов как: фоновая ионизация, жесткое излучение и т. д. Время запаздывания связано с интенсивностью воздействия внешнего источника, который способствует образованию зарядов на поверхности катода и в объеме газа, определяемыми величиной U_m .

Время формирования газового разряда t_f связано с быстротой нарастания протекающего между электродами разрядного тока. Скорость нарастания которого, в свою очередь связано с интенсивностью ионизации газа. Зависимость увеличения тока от времени можно описать следующим выражением:

$$i(t) = i_0 \exp ad \left[\frac{\mu}{\mu - 1} \exp \left(\frac{\mu - 1}{\mu} * \frac{t}{\tau} \right) - \frac{1}{\mu - 1} \right], \quad (1)$$

где i_0 – ток эмиссии электронов с поверхности катода за счет стороннего фактора; τ – время дрейфа заряженных частиц через междуэлектродный промежуток; μ – коэффициент ионизационного нарастания.

Величина $\tau/(\mu-1)$ определяет время формирования разряда. Под величиной τ в зависимости от параметров промежутка следует понимать время дрейфа ионов или же время дрейфа электронов. Если параметры промежутка такие, что эмиссия электронов обусловлена бомбардировкой ионами поверхности катода, то τ будет определяться по следующей формуле:

$$\tau_i = \frac{d}{v_i} = \frac{d}{b_i E} = \frac{d^2}{b_i U_m}, \quad (2)$$

где d – расстояние между электродами; b_i – коэффициент подвижности ионов; v_i – скорость дрейфа ионов. В случае, когда для эмиссии электронов исчезает необходимость попадания на катод ионов, τ будет определяться по другой формуле:

$$\tau_e = \frac{d^2}{b_e U_m}. \quad (3)$$

Время гашения (деионизации) разряда $t_{\text{гаш}}$ – это время за которое происходит снижение концентрации носителей заряда в несколько раз из-за диффузии носителей за пределы области разряда, а также из-за рекомбинации этих носителей.

Эта схема позволила определить при каких условиях или под воздействием каких факторов будут достигаться оптимальные значения исследуемых параметров, а именно: времени запаздывания, формирования и гашения разряда. Данная методика исследования позволяет использовать полученные данные при дальнейшей разработке и проектировке различных приборов и устройств, работающих в импульсном режиме.

Список литературы

1. Фролов В. Я., Лисенков А. А., Барченко В. Т. Физические основы применения низкотемпературной плазмы. СПбГУ: СПб, 2010. 221 с.
2. Барченко В. Т. и др. Физика и технология плазменных эмиссионных систем. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»: СПб, 2014. 262 с

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРОВ

В. М. Айвазян, И. К. Хмельницкий

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Электроактивные полимеры обладают способностью к механоэлектрическим преобразованиям, могут работать долговременно и эффективно как в воздухе, так и в воде. Их неотъемлемыми свойствами являются механическая гибкость, малый вес и технологичность. Благодаря своим характеристикам электроактивные полимеры перспективны в области сбора энергии. В данной работе рассмотрена технология изготовления одного из типов таких структур – ионных полимер-полимерных композитов (ИППК). Полученный ИППК-преобразователь длиной 4 см, шириной 0,5 см и толщиной 220 мкм был исследован в качестве генератора энергии. Была разработана схема зарядки аккумулятора. Выходная мощность ИППК-генератора составила ~ 4 нВт.

Ключевые слова: микромеханический преобразователь, ионообменная мембрана, PEDOT:PSS, ионные полимер-полимерные композиты, ИППК-генераторы

Благодаря достижениям в портативной электронике и беспроводных технологиях возрастает потребность в использовании источников энергии для бесперебойной работы устройств с продолжительным сроком службы. Это вызывает значительный интерес к возможностям генерации энергии «умных» материалов. Сбор энергии из окружающей среды имеет множество новых применений в мониторинге здоровья, кардиостимуляторах, беспроводных устройствах и автономных сенсорах и актюаторах [1].

Вибрационные генераторы энергии в большинстве случаев состоят из преобразователя механических колебаний в электрический сигнал, схемы для выпрямления генерируемого электрического сигнала и емкостного накопителя энергии – аккумулятора или суперконденсатора. Большое внимание уделялось пьезоэлектрическим материалам в частотном диапазоне выше 100 Гц. Однако зачастую окружающий источник вибрации является низкочастотным (1-10 Гц), хотя ожидаемая выходная мощность может быть относительно низкой. Следовательно, существует необходимость разработать генераторы энергии на низкочастотных вибрациях. Электроактивные полимеры являются отличными кандидатами для сбора энергии в низкочастотном режиме благодаря присущей им гибкости, механоэлектрической связи, длительному сроку службы и способности работать как в воде, так и в воздухе [1].

В Центре микротехнологии и диагностики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» были получены и исследованы микромеханические преобразователи на основе электроактивных полимеров, которые можно использовать в качестве генераторов энергии [2-5]. Преобразователь представлял собой ионообменную мембрану длиной 4 см, шириной 0,5 см и толщиной 220 мкм с нанесенными с двух сторон полимерными электродами [6].

Использовалась перфторированная ионообменная мембрана Nafion® 117, которая представляет собой сополимер тетрафторэтилена и сомономер, имеющего боковые цепи перфторированного винилового эфира, оканчивающиеся сульфогруппами.

В качестве исходного материала для изготовления полимерных электродов использовалась водная суспензия поли(3,4-этилендиокситиофен)-поли(стиролсульфонат) (PEDOT:PSS) (рис. 1). Особенности этого проводящего композита, хорошо растворимого в воде, являются высокая проводимость и технологичность. Такие структуры называют ионными полимер-полимерными композитами (ИППК) [6].

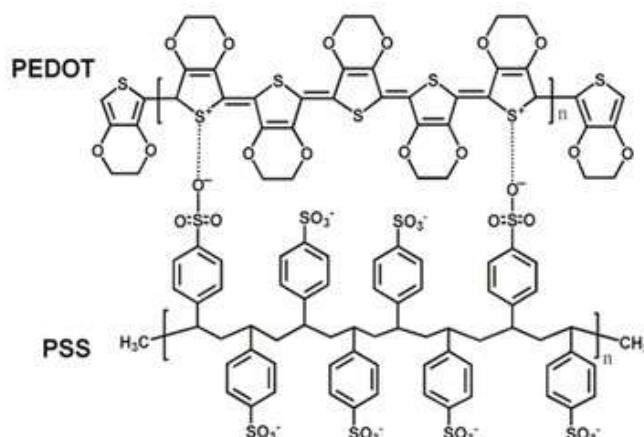


Рис. 1. Структурная формула PEDOT:PSS

Мембраны преобразователей, пропитанные водными растворами электролитов, в процессе работы теряют воду из-за резистивного нагрева и электролиза при напряжениях выше 1,3 В. Эти проблемы можно преодолеть при использовании неводных растворителей, например этиленгликоля (ЭГ), который является полярным веществом. ЭГ обладает высокой ионной проводимостью, которая является одним из важнейших свойств, необходимых для возбуждения преобразователей на основе ИППК [7].

Технология изготовления ИППК включает следующие основные стадии [6]:

- обработка поверхности мембраны Nafion® 117 размером 4×4 см наждачной бумагой для улучшения адгезии осаждаемых тонких пленок;
- удаление остаточной влаги из мембраны перед нанесением электродов выдержкой сначала в сушильном шкафу (24 ч при 100 °С), а затем в вакуумной камере (3 ч при 25 °С);
- пропитка мембраны растворителем в течение ночи в химическом стакане, содержащем чистый ЭГ, и последующий нагрев до 60 °С в течение 3 ч;
- нанесение суспензии PEDOT:PSS на поверхность вымоченной в растворителе мембраны методом полива с последующей сушкой.

Таким способом был изготовлен электрод на одной стороне мембраны. Для нанесения PEDOT:PSS на вторую сторону образец закреплялся так, чтобы первый электрод не соприкасался с поверхностью. Далее повторялась последняя стадия технологии изготовления ИППК, после чего мембрана была разрезана на полоски размером 4×0,5 см.

Полученные ИППК-структуры характеризовались достаточно однородной поверхностью электродов и обладали поверхностным сопротивлением ~ 400 Ом. Данные особенности позволили исследовать образцы в качестве генераторов энергии.

Блок-схема установки для измерения параметров ИППК-генераторов представлена на рис. 2. Исследуемый ИППК-генератор, который использовался в качестве

чувствительного элемента, закреплялся щупами Кельвина. Динамик, подключенный к генератору сигнала «Agilent 33500B», обеспечивал различные по амплитуде и частоте синусоидальные колебания исследуемого образца. Деформации изгиба регистрировалась с помощью лазерного измерителя перемещений «L-GAGE». Щупы Кельвина для регистрации сигнала ИППК-генератора были соединены с мультиметром «Agilent 34410A», через который информация поступала на ПК.

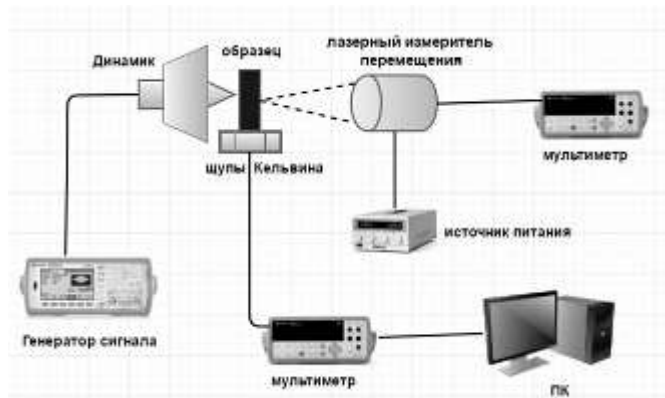


Рис. 2. Блок-схема стенда для исследования ИППК-генераторов

Принцип работы ИППК-преобразователя основан на транспортных процессах в мембране. Поскольку полимер содержит закрепленные кислотные остатки SO_3^- , на его поверхности после пропитывания растворителем образуется двойной электрический слой и в электролите внутри мембраны преобладают свободные положительные ионы, поэтому движение ионов в мембране под действием электрического поля является односторонним. При внешнем изгибающем механическом воздействии на электродах генератора возникает разность давлений, что приводит к движению потока заряженной жидкости в мембране от одного электрода к другому. Это, в свою очередь, приводит к возникновению на электродах разности потенциалов [4].

Была исследована зависимость выходного сигнала от времени при различных амплитудах механических воздействий на генератор. По полученным данным была построена зависимость амплитуды выходного сигнала от деформации изгиба (рис. 3).

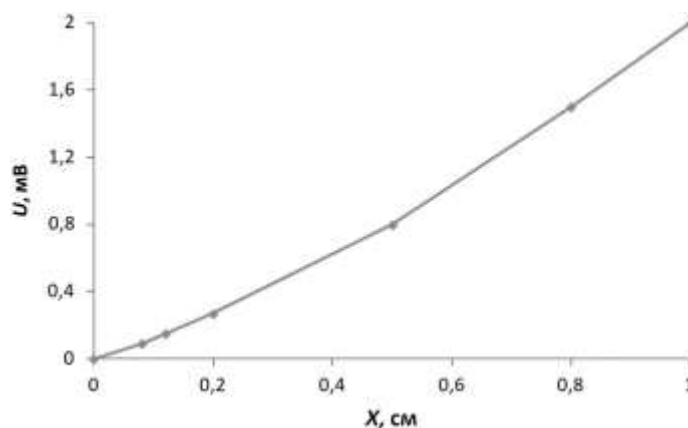


Рис. 3. Зависимость амплитуды выходного сигнала от деформации изгиба ИППК-генератора

Из рис. 3 видно, что ИППК-генераторы с электродами из PEDOT:PSS характеризуются линейным откликом в исследуемом диапазоне амплитуд механических

перемещений. Коэффициент чувствительности, определенный по этой зависимости, составил 2 мВ/см.

Для экспериментов по сбору энергии в качестве источника механических воздействий использовался динамик. Для создания синусоидальных колебаний с частотой 10 Гц он управлялся генератором сигнала. Один конец ИППК был зажат в щупы Кельвина, а другой был прикреплен к колонке через диэлектрический щуп, что позволяло лучше контролировать изгиб образца. Экспериментальная установка изображена на рис. 4.



Рис. 4. Установка для сбора энергии

При динамическом возбуждении ИППК генерировал синусоидальный сигнал. Этот сигнал был выпрямлен с помощью полного мостового выпрямителя вместе с конденсатором, соединенным через выходные выводы.

Неотъемлемой частью существующих схем сбора энергии являются потери сигнала. Поскольку важно хранить собранную энергию для использования в тех случаях, когда это необходимо, сигнал постоянного тока использовался для зарядки NiMH-аккумулятора емкостью 40 мА·ч. Напряжение аккумулятора было записано с помощью мультиметра. В результате выходная мощность ИППК-генератора составила приблизительно 4 нВт.

Таким образом, микромеханический преобразователь на основе электроактивных полимеров был использован для сбора энергии. С помощью специализированного стенда были исследованы его характеристики. Использование ИППК-генератора позволило разработать схему зарядки аккумулятора. В ходе эксперимента удалось преобразовать механические колебания в электрический сигнал, выпрямить его, в результате чего стала возможной аккумуляция энергии.

Список литературы

1. Tiwari R., Kim K.J. IPMC as a mechanoelectric energy harvester: tailored properties // Smart Mater. Struct. 2013. Vol. 22(1). 015017. doi:10.1088/0964-1726/22/1/015017
2. Корляков А.В., Лучинин В.В., Хмельницкий И.К., Бройко А.П., Верещагина Л.О., Каленов В.Е., Лагош А.В., Крот А.И., Рыжкова А.В. Актюаторы на основе ионных полимер-металлических композитов // Нано- и микросистемная техника. 2016. Т. 18, № 5. С. 277–285.
3. Корляков А.В., Хмельницкий И.К., Бройко А.П., Верещагина Л.О., Каленов В.Е., Крот А.И., Лагош А.В., Перцова А., Рыжкова А.В. Разработка микроактюаторов на основе электроактивных полимеров для биомиметических робототехнических систем // Биотехносфера. 2015. № 6 (42). С. 41–47.
4. Хмельницкий И.К., Алексеев Н.И., Бройко А.П., Городилов В.В., Каленов В.Е., Корляков А.В., Лагош А.В., Лучинин В.В. Исследование электромеханических ИПМК-сенсоров // Нано- и микросистемная техника. 2018. Т. 20, № 1. С. 58–64.
5. Khmel'nikitskiy I.K., Vereshagina L.O., Kalyonov V.E., Broyko A.P., Lagosh A.V., Luchinin V.V., Testov D.O. Improvement of manufacture technology and research of actuators based on ionic polymer-metal composites // J. Phys.: Conf. Ser. 2017. Vol. 857. 012018. doi:10.1088/1742-6596/857/1/012018

6. Хмельницкий И.К., Алексеев Н.И., Бройко А.П., Каленов В.Е., Корляков А.В., Лагош А.В., Лившиц А.О., Лучинин В.В. Электромеханические преобразователи на основе ионных полимер-полимерных композитов. // Нано- и микросистемная техника. 2018. № 3.

7. Khmelnitskiy I.K., Luchinin V.V., Kalyonov V.E., Lagosh A.V., Broyko A.P. IP²C electromechanical actuators and sensors // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2018 ElConRus), February 1–3, 2018. Moscow and St.Petersburg, Russia. P. 425–428.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.А. АЛЕКСАНДРОВА, Н.А. ЛАШКОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе рассмотрены оксидные слои *p*-типа электропроводности, формируемые для гетероструктурных солнечных элементов, методы получения таких пленок и их исследование. В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, направленные на формирование тонких пленок оксида никеля и оксидов меди. В результате проведенных работ были получены тонкопленочные покрытия на основе NiO, CuO и Cu₂O. Методом, позволяющим получать наиболее равномерные пленки, был признан ECALE (electrochemical atomic layer epitaxy – электрохимическая эпитаксия).

Ключевые слова: альтернативная энергетика, солнечные элементы, оксиды *p*-типа электропроводности, золь-гель, SILAR, ECALE

Работа выполнена при поддержке проекта "УМНИК" 12136ГУ/2017.

Современное состояние электроники требует разработок новых источников питания с возобновляемым ресурсом. Особенно важны такие энергетические системы для устройств электроники малой мощности. При этом существует несколько принципиальных направлений для создания источников энергии. К ним относятся устройства солнечной и водородной энергетики, термоэлектрические и пьезоэлектрические преобразователи. Все эти устройства могут быть использованы для сбора «рассеянной» энергии и преобразования ее в электрическую.

Одним из возобновляемых источников энергии является солнечная энергия, источником которой являются термоядерные реакции, протекающие на Солнце. Поток мощности, излучаемый Солнцем в окружающее пространство, составляет $4 \cdot 10^{23}$ кВт. Поток солнечной радиации, достигающей Земли, меньше ($1,2 \cdot 10^{14}$ кВт), однако эта величина значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии [1].

Поскольку использование в качестве рабочих областей преобразователя тонких металлооксидных пленок позволяет снизить стоимость получаемого элемента, целью работы стало получение и исследование тонких пленок NiO, CuO и Cu₂O для формирования одного из активных слоев фотовольтаических элементов. Структура проектируемого гетероструктурного солнечного элемента представлена на рис. 1.

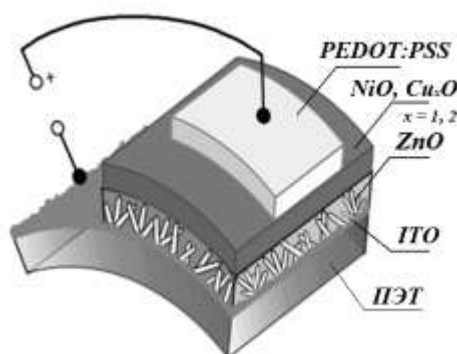


Рис. 1. Структура проектируемого солнечного элемента

Вторым материалом, позволяющим создать гетероструктурный p - n переход, может служить оксид цинка в различных вариантах морфологии [2-3]. Среди методов формирования тонких пленок оксидов металлов p -типа электропроводности одним из наиболее простых и экономичных методов является SILAR (Successive Immersion Layer Adsorption Reaction – создание слоев путем адсорбционных реакций методом последовательных погружений). Данный метод не требует высоких температур и пониженных давлений, поскольку осаждение происходит в водных растворах [4-5]. Также для получения покрытий широко используется золь-гель-процесс, основанный на превращении гомогенных растворов в золь и далее в гель [6-7].

Однако, наряду с такими преимуществами, как экономичность, экологичность и простота реализации, данные методы обладают главным недостатком: SILAR и золь-гель не позволяют получить равномерные по площади покрытия.

Для повышения однородности синтезированных пленок может быть предложен метод электрохимической эпитаксии (ECALE). В основе данного метода лежит молекулярное наслаивание при приложении электрического поля. Использование в ECALE самоограничивающихся поверхностных реакций позволяет синтезировать покрытия слой за слоем, предотвращая трехмерный рост. Следует отметить, что поверхностные реакции протекают при так называемом недонапряжении, т. е. происходит дофазовое осаждение, заключающееся в осаждении элемента на предшествующий при потенциале меньше необходимого для нанесения элемента на самого себя [8].

Полученные слои были исследованы с помощью электронной и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Растровая электронная микроскопия позволила получить представление о морфологии полученных тонких слоев. С помощью проводящих методик АСМ были получены вольтамперные характеристики (ВАХ) полученных тонких пленок по методикам, описанным в работе [3].

Список литературы

1. Basu S., Antia H.M. Helioseismology and solar abundances // Physics Reports. – 2008. – V. 457. – I. 5-6. – P. 217–283.
2. Анализ локальных областей полупроводниковых нанообъектов методом туннельной атомно-силовой микроскопии / Н.А. Лашкова, Н.В. Пермяков, А.И. Максимов, Ю.М. Спивак, В.А. Мошников // НТБ СПбГПУ. Физ.-мат. науки. – 2015. – № 1 (213). – С. 31-42.
3. Локальные электрофизические свойства проводящих пленок ZnO / Н.А. Лашкова, А.И. Максимов, Л.Б. Матюшкин, В.А. Мошников, А.А. Рябко, П.А. Сомов, С.С. Туленин // Бутлеровские сообщения. – 2015. – Т. 42. – № 4-6. – С. 48-53.

4. Akaltun Y., Çayir T. Fabrication and characterization of NiO thin films prepared by SILAR method // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – V. 625. – P. 144-148.
5. Influence of coumarin as an additive on CuO nanostructures prepared by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method / F. Bayansal, B. Şahin, M. Yüksel, N. Biyikli, H.A. Çetinkara, H.S. Güder // Journal of Alloys and Compounds. – 2013. – V. 566. – P. 78-82.
6. Основы золь-гель технологии нанокompозитов / А.И. Максимов, В.А. Мошников, Ю.М. Таиров, О.А. Шилова. – СПб.: Изд-во «Элмор», 2008. – 255 с.
7. Room temperature inorganic polycondensation of oxide (Cu_2O and ZnO) nanoparticles and thin films preparation by the dipcoating technique / G. Salek, C. Tenaillieu, P. Dufour, S. Guillemet-Fritsch // Thin Solid Films. – 2015. – V. 589. – P. 872-876.
8. Stickney J.L. Electrochemical atomic layer deposition // Electrochemical Society Interface. – 2011. – V. 11. – P. 28-30.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.Х. ЖАКИНА, Е.П. ВАСИЛЕЦ, О.В. АРНТ

ТОО «Институт органического синтеза и углехимии РК»

Аннотация. Изучено влияние ультразвука на особенности окислительных процессов МУНТ, в присутствии модифицирующих добавок. Показана эффективность окислительной модификации МУНТ при создании материалов с улучшенными поверхностными и объемными свойствами. Методом электронной микроскопии охарактеризованы состав и структура гуминовых композиций, модифицированных многостенными углеродными нанотрубками.

Ключевые слова: Многостенные углеродные нанотрубки, гуминоминеральные композиты, ультразвук

Исследования последних лет позволяют выделить углеродные нанотрубки (УНТ) как наиболее перспективные объекты, позволяющие создавать материалы с принципиально новыми свойствами. При сочетании полимеров и углеродных нанотрубок возможно получение уникальных композиционных наноматериалов. Одна из наиболее важных проблем, возникающих при создании нанокompозитов, связана с необходимостью однородного распределения наночастиц в полимерной матрице. Углеродные нанотрубки, обладая большой поверхностной энергией, проявляют повышенную склонность к агломерированию. Размер агломератов может достигать сотен микрометров. В этом случае не достигается эффект армирования матричного материала, который характерен для однородно распределенных наночастиц. Это негативно отражается как на механических, так и на физических свойствах композита. Усовершенствовать технологию синтеза нанокompозиционных материалов позволяет применение ультразвука (УЗО).

На рисунке 1 приведены электронные микроснимки углеродных нанотрубок.

На рисунке видны волокна длиной несколько микрон и толщиной в несколько десятков нанометров, являющиеся основным компонентом МУНТ. Из рисунка можно увидеть, что основным элементом в составе МУНТ является углерод, имеются также вкрапления железа, никеля, магния и кремния. Наружный диаметр составляет 20–70 нм, внутренний диаметр 5–10 нм. Длина на несколько порядков превышает диаметр и составляет 3–10 мкм. Модификация боковых и концевых участков МУНТ часто является необходимой манипуляцией при создании материалов с улучшенными поверхностными и объемными свойствами. Одним из основных методов модификации поверхности МУНТ

является химическая функционализация, прививка к нанотрубкам функциональных групп, обеспечивающих те или иные свойства.

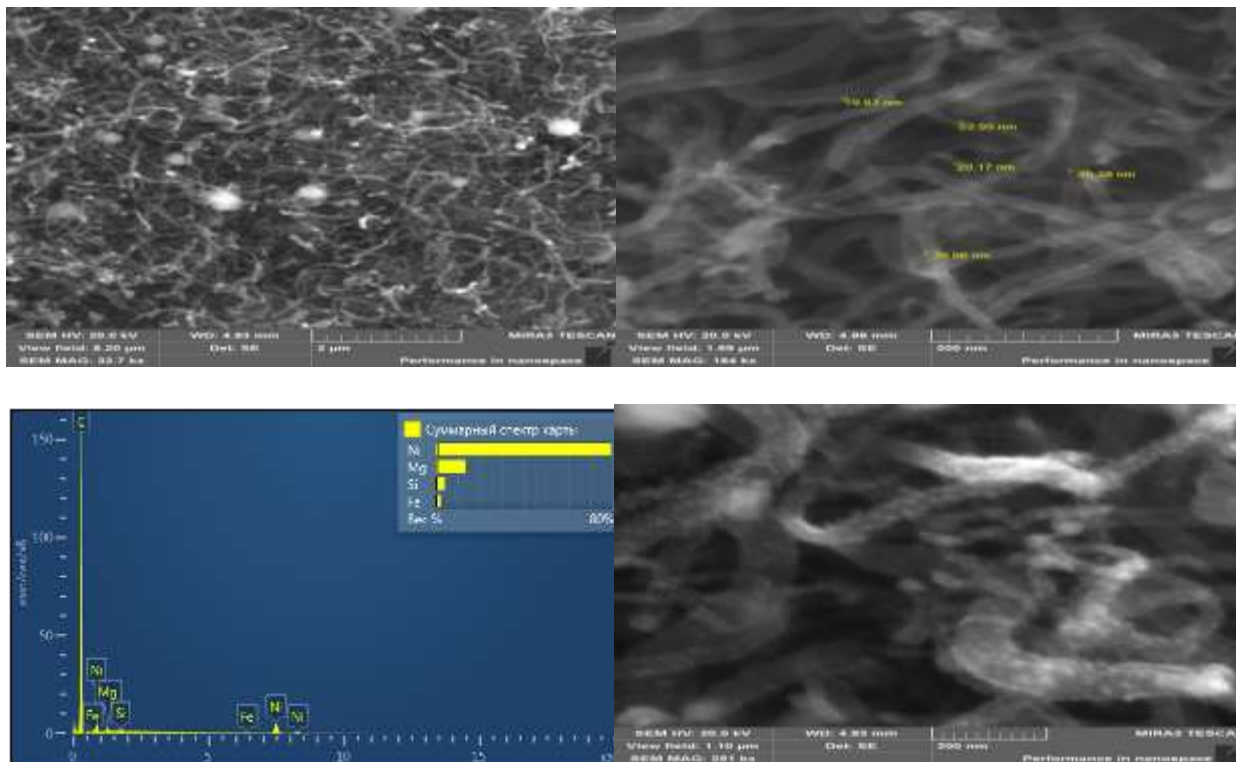


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки многостенных углеродных нанотрубок марки «Таунит» Для осуществления разрабатываемых процессов иммобилизации ГК использован ультразвуковой диспергатор марки ИЛ-100-6/2 с рабочей частотой 22 кГц. Для активации поверхности многостенных углеродных нанотрубок проведено их окисление. В качестве окислителей выступали раствор перманганата калия, смесь растворов аммиака и пероксида водорода, а так же смесь концентрированных азотной и серной кислот при постоянном перемешивании и нагревании. Методика окисления выбиралась для каждого окислителя отдельно. После чего реакционной смеси давали остыть до комнатной температуры, разбавляли водой, отфильтровывали осадок и промывали его дистиллированной водой до нейтральной среды. Результаты исследований приведены в таблице 1.

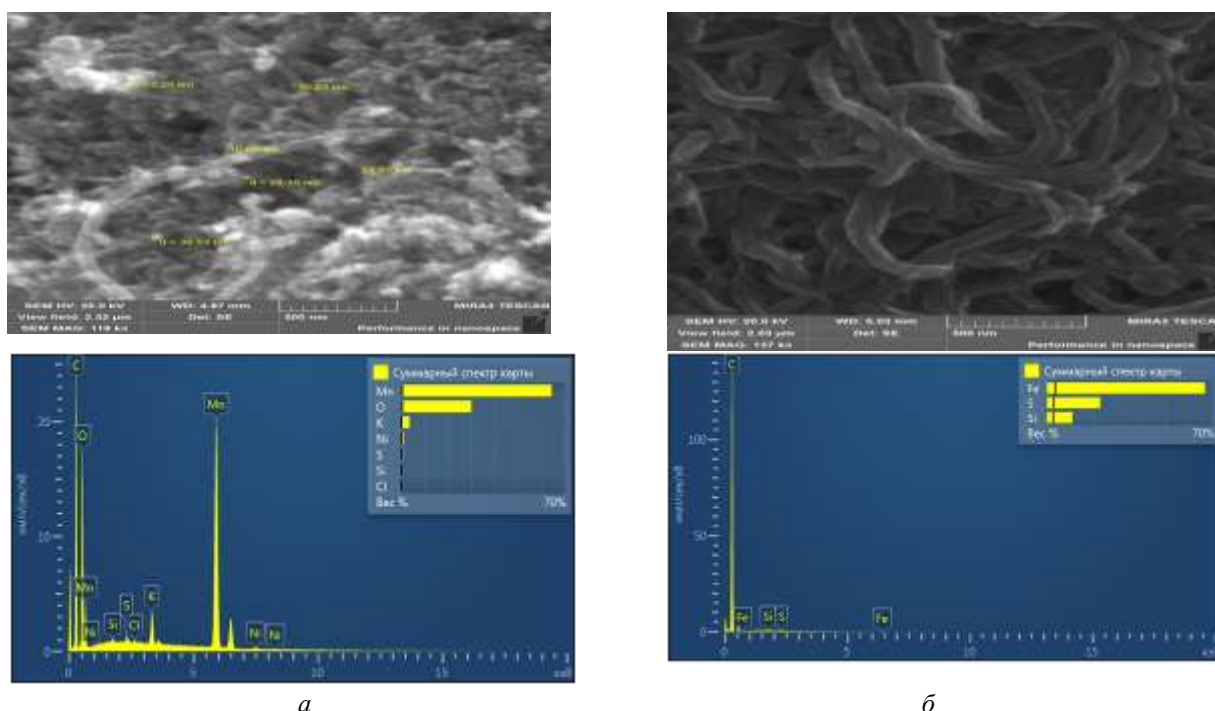
Окисление многостенных углеродных нанотрубок перманганатом калия проводили при постоянном перемешивании и нагреве до 70°C в течение 30 минут, получены продукты с выходом 92-95%. Ход каждой окислительной реакции контролировали кондуктометрическим методом, определяя изменение содержания кислых групп. Результаты исследований показали: использование в роли окислителя раствора перманганата калия приводит к увеличению содержания кислых групп на 20-25%, окисление при нагреве смесью концентрированных азотной и серной кислот приводит к увеличению количества кислых групп до 60%.

Таблица 1

Влияние окислителя на содержание кислых групп в многостенных углеродных нанотрубках

Объект окисления	Окислитель	Соотношение	Условия синтеза	Выход, %	$\Sigma(\text{COOH}+\text{OH})$, ммоль-экв/г
	-	-	-	-	1,46-1,47
МУНТ	$\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HNO}_3$ (объем. 3:1)	T(МУНТ) : $\text{Ж}(\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4) = 1:50$	90°C 90 мин.	54,25%	2,43
	УЗО = 10 мин. $\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HNO}_3$ (объем. 3:1)	T(МУНТ) : $\text{Ж}(\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4) = 1:50$	90°C 90 мин.	80,98%	2,45
	KMnO_4	T(МУНТ) : T(KMnO_4) = 5:1	60-70°C 30 мин.	95,67%	1,00
	KMnO_4	T(МУНТ) : T(KMnO_4) = 2:1	60-70°C 30 мин.	92,96%	1,78
	KMnO_4	T(МУНТ) : T(KMnO_4) = 1:1	60-70°C 30 мин.	91,02%	1,78
	KMnO_4	T(МУНТ) : T(KMnO_4) = 1:2	60-70°C 30 мин.	90,65%	1,79
	$\text{KMnO}_4+\text{H}_2\text{SO}_4$	T(МУНТ) : $\text{T}(\text{KMnO}_4+\text{H}_2\text{SO}_4) = 1:1$	60-70°C 30 мин.	66,25%	1,80

На рисунке 2 видна структура нанотрубок, окисленных перманганатом калия (а) и смесью серной и азотной кислот (б).



а – многостенные углеродные нанотрубки, окисленные перманганатом калия;

б – многостенные углеродные нанотрубки, окисленные смесью серной и азотной кислот;

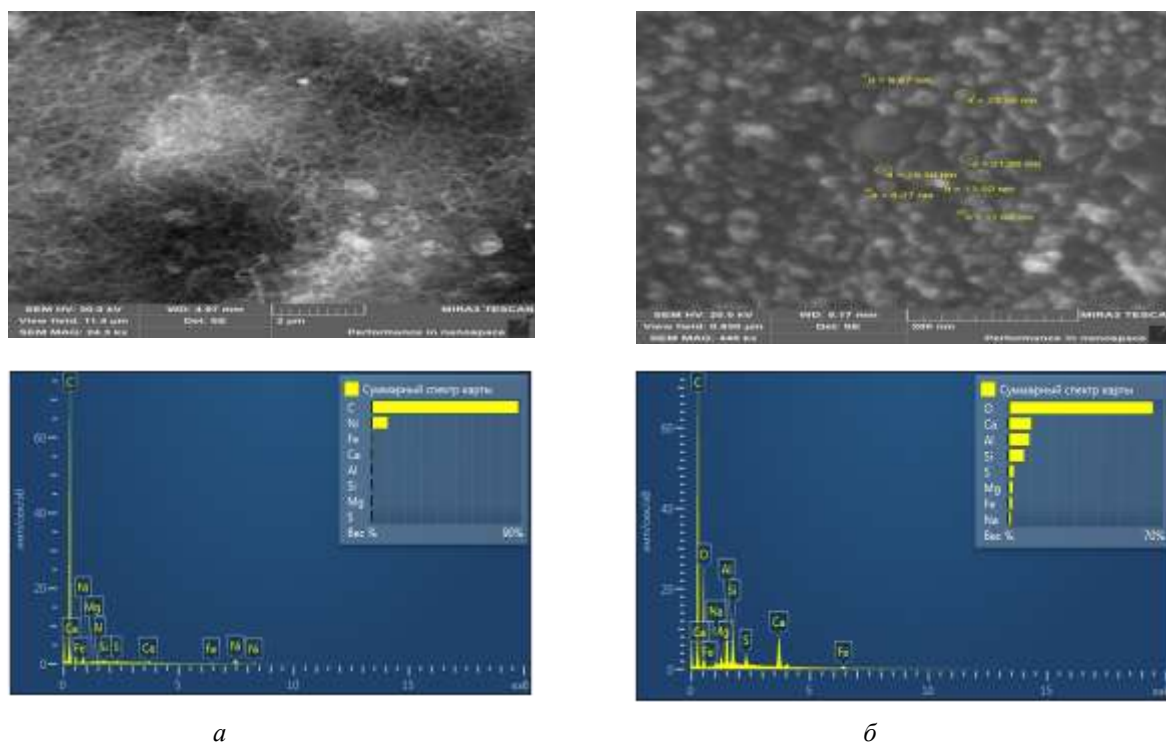
Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки окисленных многостенных нанотрубок

Снимки показывают, что после окисления трубки сохраняют свою структуру и наноразмерность, также приведен элементный состав окисленных нанотрубок, из

которого можно сделать вывод, что при окислении перманганатом калия в составе нанотрубок увеличивается содержание кислорода, марганца, калия.

Модификацию гуминовой кислоты с МУНТ проводили следующим образом. Навеску гуминовой кислоты смешивали с МУНТ в пропорции 10:1, гомогенизировали смесь и облучали её ультразвуком. Время облучения ультразвуком составляло 5, 10 и 15 минут. Протекание реакции контролировали кондуктометрическим методом, определяя содержание кислых групп в каждом образце. Установлено, что наилучший результат (4,26 ммоль-экв/г) показывает образец со временем облучения ультразвуком 10 минут. Выход продуктов составил 60-68%.

На рисунке 3 приведены микроснимки наногуминовых композитов состава ГК+МУНТ. На снимках можно разглядеть как нановолокна, характерные для МУНТ, так и наноразмерные зерна, характерные для ГК, что свидетельствует о наличии в составе композита обоих исходных компонентов.



*а – композит ГК+МУНТ 10:1, УЗО = 10 мин; б – композит ГК+МУНТ (ок) 10:1, УЗО = 10 мин;
Рис.3. Электронно-микроскопические снимки наногуминовых композитов, модифицированных МУНТом*

Элементный анализ подтверждает углеродную природу композитов. Следует отметить более высокое процентное содержание кислорода в композите состава ГК+МУНТ (окисленные) по сравнению с его аналогом, для синтеза которого использовались неокисленные нанотрубки, что является подтверждением успешного завершения процесса окисления нанотрубок.

Впервые исследовано активизирующего влияния многостенных углеродных нанотрубок на процессы получения гуминовых композиций в условиях ультразвукового воздействия. Отмечена высокая эффективность применения ультразвукового воздействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 0004ПЦФ-14 МОН РК.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНОК GO:TiO₂ И PEDOT:TiO₂

А.А. БАЗАНОВА¹, А.Н. АЛЕШИН²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Аннотация. Исследованы электрические свойства пленок на основе композитов GO:TiO₂ и PEDOT:TiO₂. Получены образцы и проведено исследование рельефа поверхности композитных пленок GO:TiO₂ методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Показано, что пленки имеют глобулярную структуру при среднем размере зерна ~ 200-300 нм. Измерены вольт-амперные характеристики для таких материалов, рассчитаны величины удельного сопротивления пленок GO:TiO₂ и PEDOT:TiO₂ при разных температурах, проведено их сравнение. В работе получены зависимости удельного сопротивления от температуры для двух композитов, было установлено, что в этих зависимостях с понижением температуры наблюдается переход в энергии активации – от больших к меньшим значениям, при этом величины их различны для двух видов композитов 202 и 301 мэВ. Представлены и проанализированы зонные диаграммы для двух материалов.

Ключевые слова: проводящие полимеры, оксид графена, нанокompозиты, электропроводность, температурные зависимости

Введение

Недавние разработки и исследования полупроводниковых полимерно-неорганических гибридных нанокompозитов вызвали огромный интерес у исследователей как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения, так как такие композиты находят применение в различных высокотехнологичных областях производства. Это связано с их свойствами, а именно гибкостью, технологичностью, возможностью печати на большой площади и легким весом наряду с заметной электропроводностью и низкой теплопроводностью, что может способствовать их применению в светоизлучающих устройствах.

Физические и химические свойства проводящих полимеров можно контролировать, путем варьирования их химического дизайна и методов синтеза. Проводящие полимеры, такие как полианилин, политиофен, PEDOT, полиацетилен, полипиррол и их производные, обладают большим потенциалом для использования в электронных и энергетических устройствах. Проводящий полимер PEDOT:PSS обладает такими преимуществами, как прозрачность, простота подготовки, термостабильность, а также настраиваемая электропроводность путем легирования. Иерархические наноструктурированные оксиды металлов привлекают большой интерес из-за их потенциальных применений в сверхэлектронных устройствах. Среди оксидов металлов TiO₂ имеет такие преимущества, как легкость получения, высокая концентрация носителей заряда и подвижность, а также контролируемая морфология. Известно, энергия запрещенной зоны около 3.2eV позволяет TiO₂ поглощать ультрафиолетовый (УФ) свет, на который приходится около 4% всего спектра солнечного света.

Уникальность электронных и оптических свойств графена обусловлена его зонной структурой. Графен является полупроводником с нулевой запрещенной зоной, в котором движение электронов описывается не уравнением Шредингера, а двумерным уравнением Дирака для безмассовых квазичастиц, что обусловлено наличием в первой зоне Бриллюэна точек, вблизи которых закон дисперсии энергии электронов имеет линейную зависимость от волнового вектора. Именно вследствие этого в графене и наблюдается

сверхвысокая подвижность электронов. Известно, что подвижность в графене в несколько раз превышает подвижность в кремнии. Электроны в графене перемещаются лишь в двух измерениях и способны пролетать до 16 микрометров при этом не рассеиваться, т.е. они не сталкиваются с атомами углерода и другими электронами. Оксид графена является полупроводником с конечной величиной запрещенной зоны, в зависимости от условий синтеза. Высокая проводимость оксида графена и его способность менять свои свойства при отжиге делает его перспективным для приборных применений.

Экспериментальные результаты

Исследование поверхности указывает на сложный неоднородный характер приграничного слоя материала. Рельеф поверхности свидетельствует о шероховатостях в пределах до 658 нм с резкими перепадами. Среднеквадратичная шероховатость получилась 82 нм. Пленки имеют глобулярную структуру при среднем размере зерна $\sim 200\text{-}300\text{ нм}$

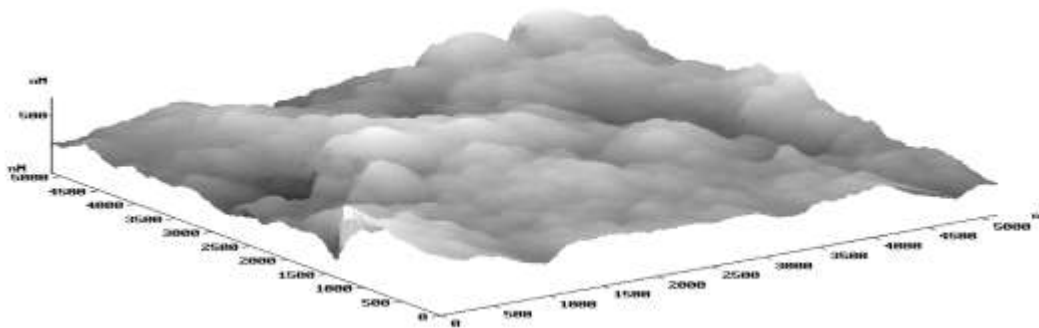


Рис.1. Объемное АСМ-изображение поверхности композиции GO: TiO₂

При температурах равных абсолютному нулю потери на электрическое сопротивление практически близки к нулю. Это даёт предпосылки к сверхпроводимости, т.е. графен проводит электрический ток без потерь (без сверхмалых потерь энергии) при комнатной температуре, раньше этот эффект можно было наблюдать только при очень низких температурах. Известно, что при комнатной температуре осуществляется транспорт для дальнейшего изготовления солнечных элементов.

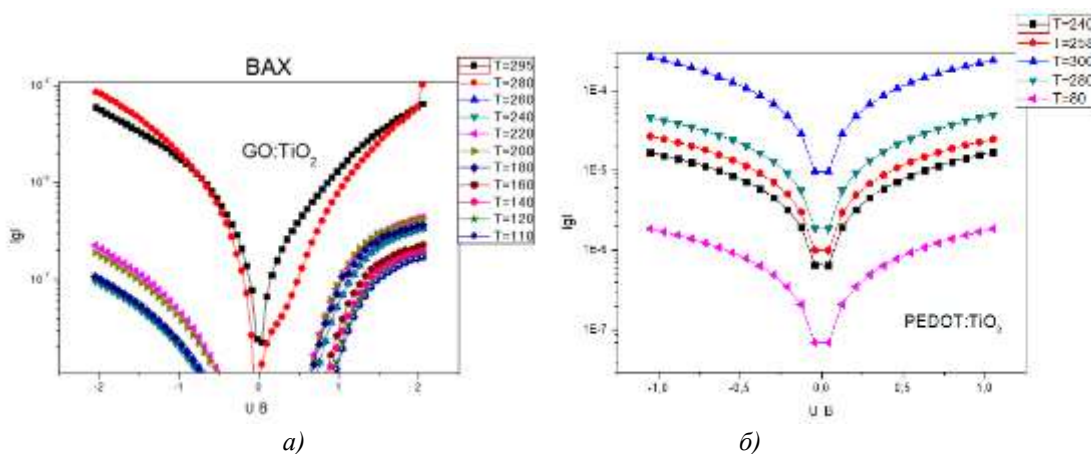


Рис. 2. Вольтамперные характеристики GO:TiO₂ (а) и PEDOT:TiO₂ (б)

Рассмотрим основные свойства и характеристики композитов PEDOT:TiO₂ и GO:TiO₂. По графикам зависимости удельного сопротивления от обратной температуры

находим для обоих композитов их энергии активации для PEDOT:TiO₂ : 301 и 22 meV, а для GO: TiO₂ : 202 и 19 meV . Можно сделать вывод, что чем меньше энергия активации материала, тем выше будет скорость химической реакции. Т.е. реакция будет проходить почти мгновенно. Однако стоит не забывать, что чем больше скорость, тем выше концентрация носителей заряда, но меньше подвижность носителей заряда. Из рис.3 (а) и (б) видим, что энергия активация у PEDOT:TiO₂ 301 meV больше, чем у GO: TiO₂ 202 meV, получается, что скорость протекания процесса медленнее, следовательно, подвижность носителей заряда на порядок хуже, чем у оксида графена.

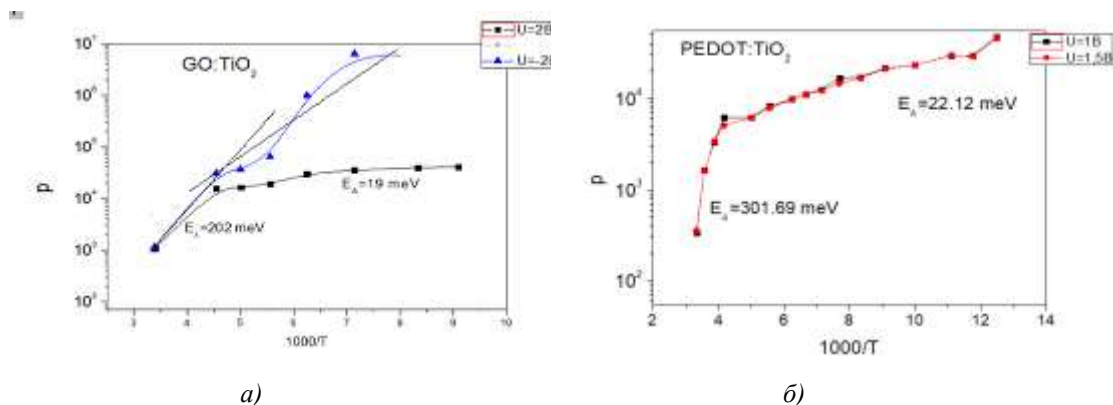


Рис. 3. Зависимости удельного сопротивления от обратной температуры пленок GO:TiO₂ (а) и PEDOT:TiO₂ (б)

Ширина запрещенной зоны влияет на вероятность передачи электрону, энергии, необходимой для перехода из валентной зоны в зону проводимости. Чем больше ширина запрещенной зоны, тем меньше эта вероятность. Однако с понижением ширины запрещенной зоны, увеличивается температура, что приводит к деформации энергетического спектра, как фононов, так и электронов. Из рис.4 видно, что TiO₂ широкозонный полупроводник, что значительно улучшает характеристики приборов. У оксида графена ширина запрещенной зоны зависит от температуры обработки, чем выше температура, тем меньше ширина запрещенной зоны. При ширине запрещенной зоны примерно 0,3 эВ ее достаточно для разработки терагерцового графеного транзистора. Ширина запрещенной зоны у PEDOT ~ 1,6-1,7 эВ меньше, чем у политиофена поэтому происходит сдвиг максимума полосы поглощения в красную область спектра. Меньше она из-за наличия электронно-донорных атомов кислорода по соседству с тиюфеновым кольцом.

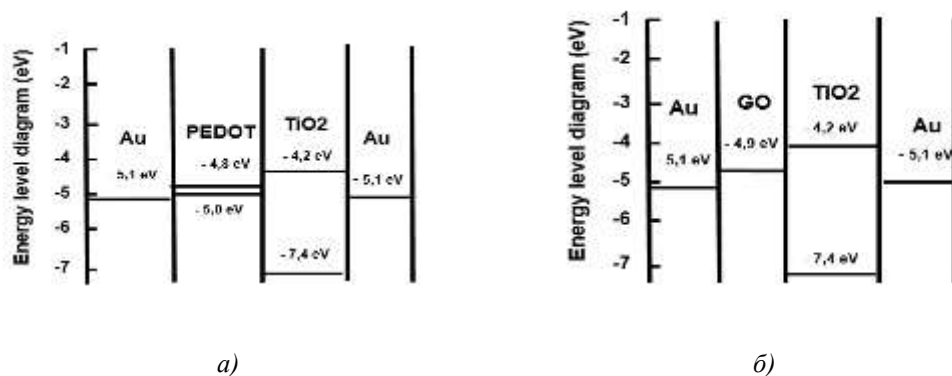


Рис.4. Зонные диаграммы исследуемых структур: PEDOT:TiO₂ (а) и GO:TiO₂ (б)

Заключение

Исследование электрических свойств пленок на основе композитов GO:TiO₂ и PEDOT:TiO₂ и выявили, что материалы имеют ряд преимуществ: гибкость, технологичность, возможность печати на большой площади и легкий вес наряду с заметной электропроводностью и низкой теплопроводностью, относительно высокой подвижностью, что может способствовать их применению в светоизлучающих устройствах.

Проведены исследования рельефа поверхности композитных пленок GO:TiO₂, показано, что эти пленки имеют глобулярную структуру при среднем размере зерна ~ 200-300 нм и среднеквадратичная шероховатость ~ 82 нм.

Измерены вольт-амперные характеристики для материалов и показано как они ведут себя в условиях комнатной температуры, при которой осуществляется транспорт носителей необходимых для дальнейшего изготовления солнечных элементов.

В работе получены зависимости удельного сопротивления от температуры для двух композитов, было установлено, что в этих зависимостях с понижением температуры наблюдается переход в энергии активации – от больших к меньшим значениям, при этом величины их различны для двух видов композитов 202 и 301 мэВ.

Список литературы

1. Nanostructured Semiconducting PEDOT-TiO₂/ZnO Hybrid Composites for Nanodevice Applications
2. Agranovich, V. M.; Gartstein, Yu. N.; Litinskaya, M. Hybrid Resonant Organic-Inorganic Nanostructures for Optoelectronic Applications. Chem. Rev. 2011, 111, 5179–5214.
3. McGrail, B. T.; Sehrioglu, A.; Pentzer, E. Polymer Composites for Thermoelectric Applications. Angew. Chem., Int. Ed. 2015, 54, 1710–1723.
4. Janáky, C.; Rajeshwar, K. The Role of (Photo) Electrochemistry in the Rational Design of Hybrid Conducting Polymer/Semiconductor Assemblies: From Fundamental Concepts to Practical Applications. Prog. Polym. Sci. 2015, 43, 96–135.
5. Du, Y.; Shen, S. Z.; Cai, K.; Casey, P. S. Research Progress on Polymer-Inorganic Thermoelectric Nanocomposite Materials. Prog. Polym. Sci. 2012, 37, 820–841.
6. Masao Katayama, 1, 2 Shinya Ikesaka, 3 Jun Kuwano, 3 Hideomi Koinuma, 2, 4, 5 and Yuji Matsumoto, 1, 2, 3 1 Materials and Structures Labo, High quality anatase TiO₂ film: Field-effect transistor based on anatase TiO₂.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В ОРГАНАХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Д. БАШАРОВА¹, А.О. БЕЛУС, Н. В. ЕВРЕИНОВА², Г.А. ШУЛЬМЕЙСТЕР³, Д.В. КОРОЛЕВ³

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический
университет) «СПбГТИ(ТУ)»

³ ФГБУ «НМИЦ им.В.А. Алмазова» Минздрава России

Аннотация. В статье рассмотрены принцип действия и особенности применения количественного метода определения концентрации кремния на основе фотометрии в образцах биологических тканей на примере тканей крыс.

Ключевые слова: адресная доставка лекарств, пористый кремний, наноматериалы, наночастицы.

Ценный вклад в разработку эффективных систем транспорта лекарственных веществ внесли нанотехнологии. Именно появление новых наноматериалов и наночастиц стимулировало развитие новых стратегий в фармакологии, стратегий связанных, прежде всего, с повышением эффективности и адресности. Разработка способов доставки лекарственных препаратов к «месту назначения», к больному органу или ткани, - одна из актуальных задач медицины [1-3]. Основная цель адресной доставки – минимизировать вредное воздействие лекарств на здоровые ткани, что особенно важно при терапии рака, так как применяемые препараты очень токсичны. Традиционные лекарственные формы, обладая рядом вышеперечисленных недостатков, не отвечают жестким современным требованиям [4]. Поэтому адресная доставка лекарственных веществ в пораженные клетки организма позволяет сократить дозу принимаемого вещества, уменьшить частоту приема препарата, минимизировать количество побочных эффектов.

Значительный прогресс в области разработки принципиально новых носителей лекарств связан с использованием наноматериалов, одним из которых является пористый кремний (por-Si) [1, 2]. Пористый кремний обладает рядом важных свойств, как биосовместимость и биodeградируемость. Благодаря этим свойствам введение в живой организм является безопасным и не вызывает побочных эффектов. Управляя технологическими условиями получения пористого кремния можно менять свойства поверхности таких частиц, и, таким образом, управлять характером закрепления молекул лекарственных и вспомогательных веществ на частицах por-Si [5-7]. Это является существенным достоинством пористого кремния как контейнеров-носителей лекарств.

При разработке транспортных систем адресной доставки лекарств на основе пористого кремния необходимо контролировать биораспределение частиц por-Si, которую можно получить в условиях экспериментов на животных. Сложности состоят в том, что на сегодняшний день у нас не имеется достаточной информации о том, как распределены наночастицы в организме и их фармакокинетики. В то же время знания по накоплению наночастиц в органах определяют границы их применения.

Цель работы - отработать методику определения концентрации кремния в тканях органов крыс после внутривенной интернализации частиц пористого кремния.

Частицы пористого кремния (por-Si) получали в два этапа: на первом этапе формировались слои пористого кремния методом электрохимического анодного травления (в лаборатории УНЛ «Наноматериалы», каф. МНЭ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»). В качестве исходного материала был использован монокристаллический кремний марки КЭФ-4,5 (111). Электрохимическое анодирование кремния проводили в электролите на основе водно-спиртового раствора фтороводорода [5, 6]. На втором этапе из слоев por-Si получали порошки путем ультразвуковой обработки por-Si (УЗ ванна марки «Сапфир»). В качестве дисперсионной среды был использован физиологический раствор.

Интернализацию частиц пористого кремния проводили в НМИЦ им. В.А. Алмазова (под руководством д.м.н. Журавского С.Г.) внутривенно крысам Стока Wistar. Полученные биологические образцы лиофилизировались при температуре -50 °С при помощи лиофильной сушики ZirBus VaCo 2 (Германия) до постоянной влажности.

Затем органы взвешивались, помещались в коническую плоскодонную колбу и заливались 50 мл концентрированной азотной кислоты и дистиллированной воды. Препарат кипятился при температуре кипения азотной кислоты на колбонагревателе в течение 60 мин до полной минерализации. Если объем уменьшался, то доливали азотную

кислоту по 1 мл. По окончании минерализации объем доводился до 100 мл дистиллированной водой.

В качестве метода определения концентрации был использован фотометрический метод определения кремния по ГОСТ 2604.3-83. Метод основан на образовании желтого кремнемолибденового комплекса по схеме: $\text{SiO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \rightarrow \text{H}_8[\text{Si}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$, восстановлении этого соединения аскорбиновой кислотой до кремнемолибденовой сини и измерении оптической плотности окрашенного раствора. Мешающее влияние фосфора $\text{H}_7[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ устраняется добавлением щавелевой и лимонной кислот.

Вначале построили градуировочный график зависимости оптической плотности раствора от содержания кремния в растворе (рис.1). Для этого приготовили стандартный раствор кремния. Навеску диоксида кремния массой 0,2140 г сплавляли в платиновом тигле с 2 г безводного углекислого натрия и провели выщелачивание в горячей воде, перелили раствор в мерную колбу вместимостью 1 дм³, долили до метки водой и перемешали. 1 мл раствора содержит 0,0001 г кремния. Раствор хранится в полиэтиленовой посуде.

В восемь конических колб вместимостью 100 см³ помещают по 10 мл 2 г/л хлорида железа. В семь из них приливают последовательно 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 4 и 8 мл стандартного раствора, что соответствует 20; 50; 100; 150; 200; 400 и 800 мкг кремния. В колбы приливают 10 мл молибденовокислого аммония; через 15 минут 5 мл серной кислоты; 5 мл щавелевой кислоты и 5 мл раствора смеси лимонной и аскорбиновой кислоты (2,5 и 5 г соответственно). Восьмая колба служит для приготовления раствора контрольного опыта. Оставляем раствор на 15 минут, после чего происходит изменение цвета.

Далее проводились измерения оптической плотности полученных растворов с помощью спектрофотометра (Unico 2802S) на длине 830 нм относительно холостой колбы не содержащей кремния.

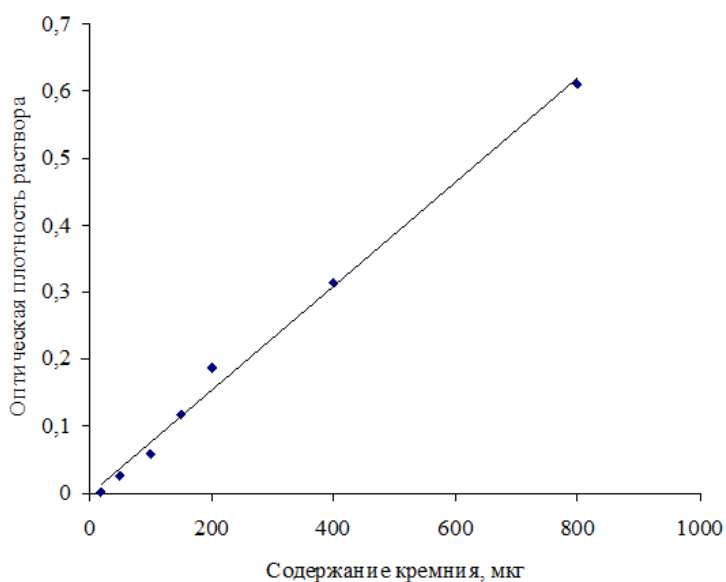


Рис.1 Градуировочная кривая для определения кремния

Аналогичным образом проводили определение оптической плотности растворов, полученный при минерализации органов. Параллельно проводили не менее 3-х измерений.

Результаты измерений приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что содержание кремния в печени крыс, которым вводились дисперсии частиц пористого кремния размером 60-80 нм, превышает содержание кремния в печени контрольных животных. При этом при увеличении времени выдержки животного содержание кремния снижается, приближаясь к нормальному.

Таблица 1.

Результаты определения относительного содержания кремния в печени крысы

Номер животного	Время выдержки	Средняя оптическая плотность раствора	Содержание кремния в органе, мг	Масса органа, г	Относительное содержание кремния в органе к массе органа, мг/г	Среднее относительное содержание кремния в органе к массе органа, мг/г
70	3 дня	0,0235	3,36	1,6749	1,9812	2,13
71		0,0365	5,21	2,1528	2,6297	
72		0,0255	3,64	1,7473	1,7967	
73		0,0275	3,93	1,9708	1,6203	
40	38 дней	0,0277	3,95	2,0994	1,8826	1,69
41		0,0223	3,19	2,0321	1,5700	
42		0,0277	3,95	2,0649	1,9141	
43		0,0243	3,48	2,6017	1,3361	
44		0,0267	3,81	2,1747	1,7517	
74	Контроль	0,0160	2,29	1,7146	1,3331	1,22
75		0,0155	2,21	2,0395	1,0857	
76		0,0175	2,50	2,0184	1,2386	

Таким образом, в результате работы было количественно определено содержание кремния в печени крыс после внутривенного введения дисперсий частиц пористого кремния размером 60-80 нм в физиологическом растворе в зависимости от времени выдержки животных.

Список литературы

1. Исследование, технология и использование нанопористых носителей лекарств в медицине/ Под общей редакцией В.Я. Шевченко, О.И. Киселева, В.Н. Соколова// СПб., Изд-во Химиздат, 2015. 70-91 с.
2. Fontana F., Shahbazi M. A., Liu D., etc. // Advanced Materials. 2017. Т. 29. № 7. 1603239. DOI: 10.1002/adma.201603239.
3. Galagudza M., Korolev D., Sonin D., etc. //J. Manufacturing Techn. Manag. 2010. Т. 21. № 8. P. 930-949. ISSN: 1741-038X.
4. Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov, etc. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions // J. of Nanomaterials, 2016. Vol. 2016, Spec. is. "Advances in Nanoporous Materials". Article ID 2629582, 8 p.
5. Способ получения и пример лекарственной функционализации поверхности наночастиц пористого кремния. Спивак Ю.М., Беспалова К.А., Белорус А.О., Паневин А.А., Сомов П.А., Григорьева Н.Ю., Чистякова Л.В., Журавский С.Г., Мошников В.А. // Биотехносфера. 2017. № 3 (51). С. 69-75.
6. Investigation of porous silicon nanopowders functionalized by antibiotic kanamycin, fluorophore indocyanine green. Bepalova K., Somov P.A., Spivak Yu.M. // J. of Physics: Conf. Ser. 2017. Т. 929. С. 012058.
7. Trzaskowski B., Jalbout A. F., Adamowicz L. Molecular dynamics studies of protein-fragment models encapsulated into carbon nanitubes //Chemical physics letters. – 2006. – Т. 430. - №. 1. – С.97-100.

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF GALLIUM PHOSPHIDE NANOWIRES BY AFM BENDING

K. BESPALOVA^{1,2}, P. G EYDT², E.L ÅHDERANTA², V.K HAYRUDINOV³, H.L IPSANEN³

¹*Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI",*

²*Lappeenranta University of Technology – LUT,*

³*Aalto University*

Abstract. This paper describes the method for measuring flexibility coefficient of Gallium Phosphide nanowires (GaP NWs) by Atomic Force Microscopy (AFM). Au-catalyzed GaP NWs were grown on a silicon substrate using metal organic vapor phase epitaxy. As a result of the work, the flexibility profile for the GaP nanowires was obtained.

Keywords: *gallium phosphide, nanowires, AFM, mechanical properties, Young's modulus, Peak Force*

In recent years, there has been a sharp increase in interest in new capabilities provided by semiconductor nanowires for nanoelectronics, photonics and optics devices. One of the promising materials for the creation of such devices is GaP. The bulk gallium phosphide is an indirect-gap semiconductor from the A^{III}B^V class, which typically crystallizes in a cubic structure of the zinc blende type. However, when forming nanowires from GaP, it is possible to obtain not only zinc blende type crystal lattice, but also a wurtzite type [1]. Such nanowires, in turn, have piezoelectric properties [2], which allow them to be used to create piezotronic nanogenerators [3].

Au-catalyzed GaP NWs were grown on a silicon substrate using Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (MOVPE). The nanowires have a conical shape with an average diameter ranging from 50 to 190 nm, and length of 1-1.5 μm .

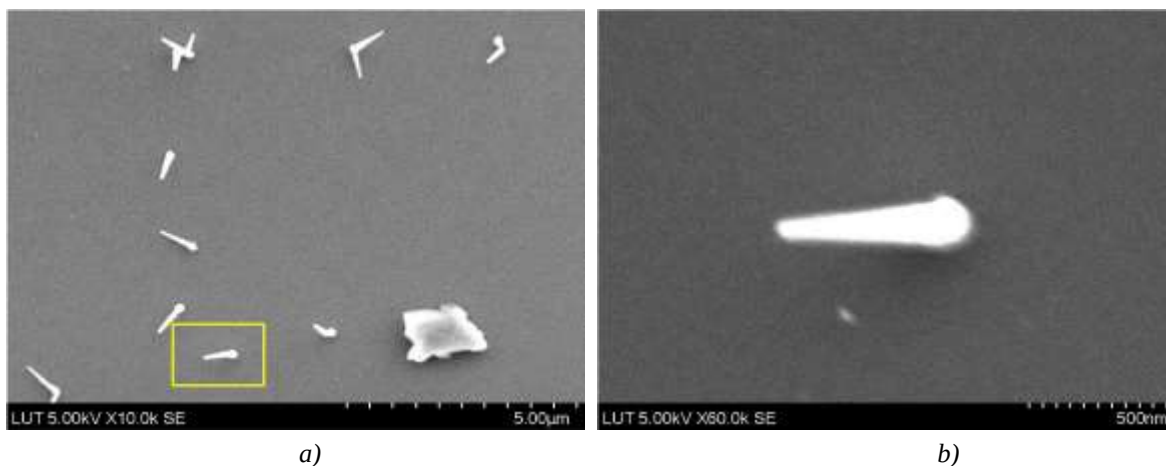


Figure 1 – SEM images of GaP NWs: a) location on the substrate, b) individually standing nanowire, conical shape is visualized

To measure mechanical properties by AFM bending, nanowires that were individually standing and inclined at an angle of ~ 20 degrees to the substrate are the most optimal. Such requirements are predicated on the assumption that nearby objects did not affect the measurement process.

For measurements, SPM “Multimode 8” (Bruker) in the regime of quantitative nanomechanics (QNM) was used. For work, the Bruker's FMV-W probes were chosen (stiffness coefficient in the range of 1-5 N/m).

The first stage on the sample is scanned the area of 20x20 μm . Scanning must be done for channels Height and PeakForce. On the scanned area, it is necessary to find a suitable for the parameters nanowire. For the selected nanowire, it is necessary to change the direction of scanning parallel to the growth of the nanowire.

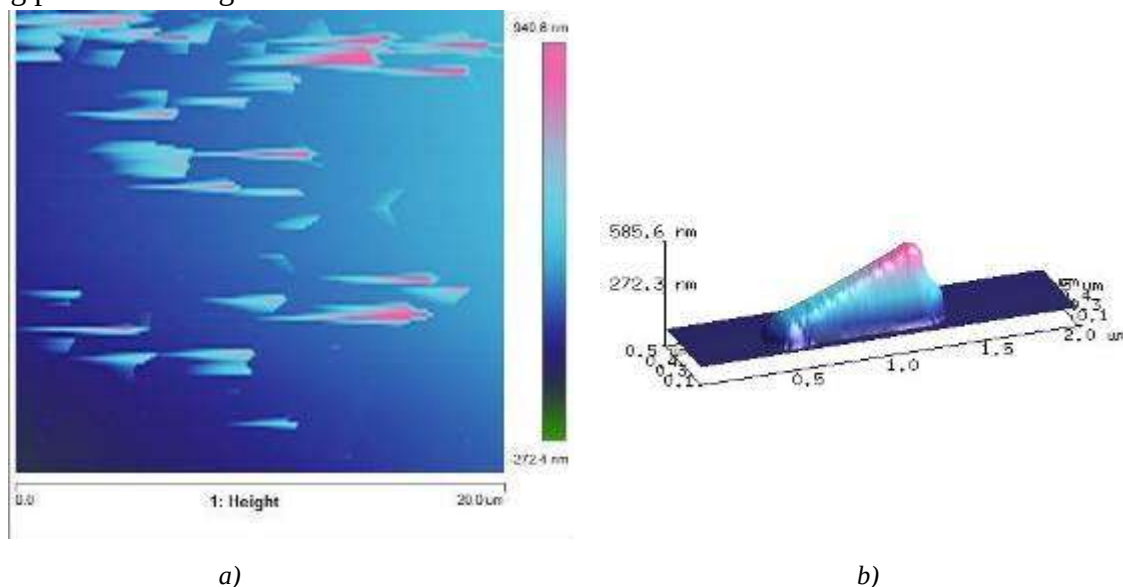


Figure 2 – a) AFM image of sample's area 20x20 μm , Height channel; b) 3D AFM image of the individually standing GaP NW

The first scan should be performed with minimal force - in our case it is 0.2 nN. When a force of 0.2 nN is applied, we assume that the deflection of the nanowire is absent. This is necessary in order to subsequently compare the magnitude of the deflection of the nanowire when applying large forces.

To obtain the flexibility profile, it is necessary to obtain data on the deformation of the NW when high forces are applied. Values difference in channel Height will display the value of deformation. When dividing the value of the applied force by the amount of deformation, we get the coefficient of elasticity according to (1).

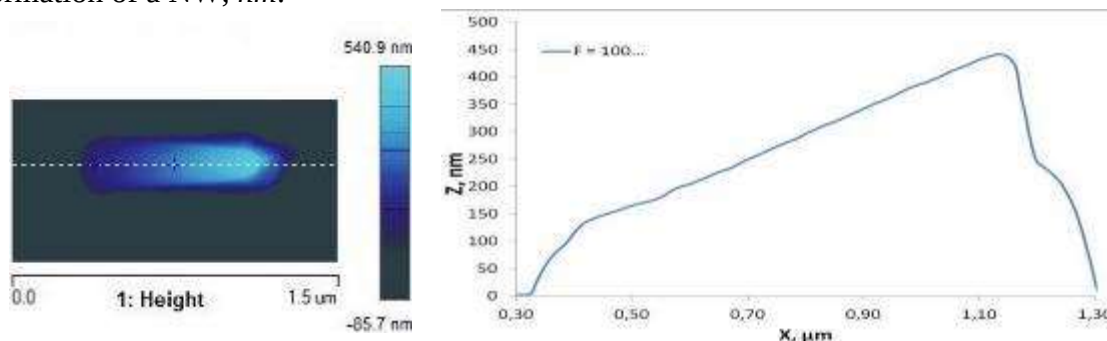
$$k = \frac{F}{d} \quad (1)$$

Where:

k – coefficient of elasticity, N/m;

F – applied force, nN;

d – deformation of a NW, nm.



a)

b)

Figure 3 – a) AFM image of desirable NW; b) cross-section profile of the NW, applied force $F = 100$ nN

Thus, it is possible to acquire deformation value from channels Height when the minimal and desirable forces were applied and force value from PeakForce channel. Knowing the coefficient of elasticity, one can calculate the coefficient of flexibility by the formula (2).

$$f = \frac{1}{k} \quad (2)$$

f – flexibility coefficient, m/N .

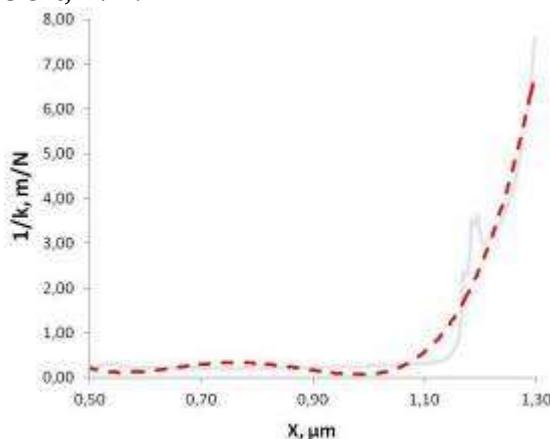


Figure 4 – Flexibility profile $1/k(x)$ measured on the GaP NW. Light blue line – real data, red dashed line – polynomial fitting curve of the fourth order. Applied force $F = 100$ nN

As a result of the work, a flexibility profile was obtained for an individually standing nanowire. Using the proposed measurement technology, it is possible to obtain Young's modulus of nanorods, as shown in [3].

Reference list

1. Assali, S., Zardo, I., Plissard, S., Kriegner, D., Verheijen, M. A., Bauer, G., ... & Bakkers, E. P. A. M. (2013). Direct band gap wurtzite gallium phosphide nanowires. *Nano letters*, 13(4), 1559-1563.
2. Al-Zahrani, H. Y., Pal, J., Migliorato, M. A., Tse, G., & Yu, D. (2015). Piezoelectric field enhancement in III–V core–shell nanowires. *Nano Energy*, 14, 382-391.
3. Dunaevskiy, M., Geydt, P., Inderanta, E., Alekseev, P., Haggrén, T., Kakko, J. P., ... & Iippanen, H. (2017).
4. Young's Modulus of Wurtzite and Zinc Blende InP Nanowires. *Nano letters*, 17(6), 3441-3446.

КЕЛЬВИН-ЗОНД МИКРОСКОПИЯ МОНОСЛОЕВ MoSe_2 НА ГРАФЕНЕ

Б. Р. БОРОДИН^{1,2}

¹Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования тонких слоев MoSe_2 на графене методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Представлены зависимости поверхностного потенциала и работы выхода от количества слоев структуры. Показана зависимость поверхностного потенциала от влажности. Эти данные могут быть важны, как для детектирования количества слоев материала, так

и для построения наноустройств, поскольку поверхностный потенциал оказывает сильное влияние на работу таких устройств.

Ключевые слова: MoSe_2 , графен, КЗМ, КЗМ.

Введение

В настоящее время свойства дихалькогенидов переходных металлов (ДПМ) представляют большой интерес для изучения. Это связано с применением их свойств [1,2] для создания устройств электроники, оптоэлектроники и валлитроники. Наиболее изученным ДПМ материалом, является MoS_2 [3]. Электронные свойства таких материалов сильно зависят от количества слоёв [4] и состояния поверхности. Так например, адсорбированная вода на поверхности таких устройств, приводит изменению электронных свойств структуры [5]. Как правило, количество слоёв в ДПМ и влияние диэлектрического окружения на их электронные свойства может быть определено с помощью фотолюминесценции и Рамановской спектроскопии [6]. Однако электронные свойства Ван-дер-Вальсовых материалов (вдВ) также могут быть исследованы методом сканирующей Кельвин-зонд микроскопии (КЗМ). Так например, методом КЗМ была показана возможность определения количества слоёв в графене и MoS_2 . Также была изучено влияние адсорбированной воды на поверхностный потенциал в MoS_2 . Стоит отметить, что ДПМ представляет довольно широкий класс материалов, свойства некоторых из которых всё ещё изучены слабо. Особый интерес представляют гетероструктуры сформированные из вдВ материалов. Целью данной работы было исследование электронных свойств слоёв MoSe_2 , перенесённых на моно- и бислои графена на подложке SiC. Стоит отметить, что MoSe_2 представляет большой интерес для применения в приборах оптоэлектроники, так например для этого материала недавно была предсказана возможность создания экситон-поляритонного конденсата при комнатной температуре [7].

Результаты эксперимента

Эксперимент производился на приборе Ntegra Aura (NT-MDT) с использованием Si (NT-MDT) зондов с диаметром острия 30 нм в условиях контролируемой влажности воздуха. Тонкие слои MoSe_2 , полученные микромеханическим расслоением, переносились на графен. При исследовании измерялась топография поверхности образца и распределение поверхностного потенциала. Из изображения топографии поверхности определялось количество монослоёв количество слоёв MoSe_2 . Для определения работы выхода участков MoSe_2 с разным количеством слоёв, использовалось известное значение работы выхода моно- и бислоёв графена, 4.55 и 4.44 эВ соответственно.

На рис.1.(a) представлено распределение поверхностного потенциала, полученное в режиме зонда Кельвина. Область содержит различное количество слоев, на основании чего была построена зависимость поверхностного потенциала от количества слоев при разных уровнях влажности рис.1.(b). На рис.1 (c) представлена зависимость работы выхода от количества слоёв для минимального уровня влажности (20%).

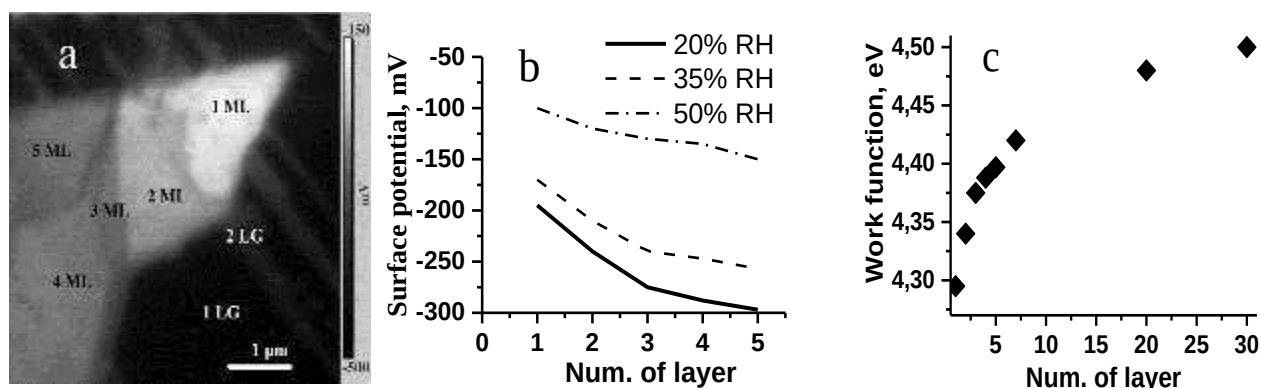


Рис. 1(a, b, c). (a) Распределение поверхностный потенциал тонких слоев MoSe₂ на графене; (b) Зависимость поверхностного потенциала от количества слоев, при различных уровнях влажности; (c) Зависимость работы выхода от количества слоев.

Из рис.1 (b) следует, что увеличение влажности приводит к экранировке поверхностного потенциала слоя MoSe₂ слоем адсорбированной влаги, что согласуется с известными результатами для MoS₂[4]. Увеличение слоёв MoSe₂ приводит к нелинейному увеличению их работы выхода (рис.1(c)), что можно объяснить особенностями межслоевого экранирования [4]. Стоит отметить, что на рис. 1 (a) участок монослойного MoSe₂ лежит на поверхности с монослоем и бислоем графена. Однако распределение поверхностного потенциала MoSe₂ практически однородно, что указывает на полную экранировку потенциала подложки даже монослоем MoSe₂. Было исследовано несколько участков образца с различным количеством слоёв, измеренные значения работы выхода достаточно хорошо воспроизводились. Таким образом полученные данные позволяют использовать Кельвин-зонд микроскопию для определения количества слоёв в MoSe₂.

Вывод

Таким образом, в работе были исследованы свойства тонких слоев MoSe₂ на графене. Были определены зависимости поверхностного потенциала и работы выхода от количества слоев и уровня влажности воздуха. Результаты работы позволяют говорить о КЗМ, как о эффективном методе для определения количества слоёв в MoSe₂.

Список литературы

1. Fontana M, Deppe T, Boyd A, Rinzan M, Liu A Y, Paranjape M, Barbara P 2013 Sci. Rep. 3 1634
2. Zeng H, Dai J, Yao W, Xiao D, Cui X 2012 Nat. Nanotechnol. 7 490
3. Duan X, Wang C, Pan A, Yu R 2015 Chem. Soc. Rev. 44 8859
4. Feng Y, Zhang K, Li H, Wang F, Zhou B, Fang M, Wang W, Wei J, Wong H 2017 Nanotechnology 28
5. Schmidt H, Giustiniano F & Eda G 2015 Chem. Soc. Rev. 44 7715–7736
6. Tonndorf P, Schmidt R, Böttger P, Zhang X, Börner J, Liebig A, Albrecht M, Kloc C, Gordan O, Zahn D, Michaelis de Vasconcellos S, Bratschitsch R 2013 Opt. Express 21 4908–4916
7. Lundt N, Maryński A, Cherotchenko E, Pant A, Fan X, Tongay S, Şek G, Kavokin A, Höfling S, Schneider C 2017 2DMater. 4 015006

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ МИКРОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.Х. Жакина, Е.П. Василец, О.В. Арнт

ТОО «Институт органического синтеза и углехимии РК»

Аннотация. Впервые в условиях микроволнового воздействия были получены гуминоминеральные наноконпозиты, допированные МУНТом. Изучено влияние микроволн на особенности окислительных процессов МУНТ, в присутствии модифицирующих добавок. Показана эффективность окислительной модификации МУНТ при создании материалов с улучшенными поверхностными и объемными свойствами. Методом электронной микроскопии охарактеризованы состав и структура гуминовых композиций, модифицированных многостенными углеродными нанотрубками.

Ключевые слова: гуминоминеральные композиты, иммобилизация, микроволны, горелая порода

Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 0004ПЦФ-14 МОН РК.

К числу малоизученных и перспективных методов интенсификации технологических процессов получения гуминоминеральных композитов с активированными формами углеродных нанотрубок относятся физические методы использования микроволнового излучения. Взаимодействие микроволн с углеродными нанотрубками (УНТ) является перспективной темой и обладает высоким потенциалом для практического применения результатов исследования. Для осуществления разрабатываемых процессов иммобилизации использована бытовая микроволновая печь с рабочей мощностью 350 Вт.

Для изучения влияния микроволнового излучения на процесс получения гуминоминеральных композитов с активированными формами углеродных нанотрубок использованы горелые породы и их смеси с гуминовыми кислотами и многостенными углеродными нанотрубками, подвергавшихся различной модификации. На рисунке 1 приведены электронно-микроскопические снимки горелой породы.

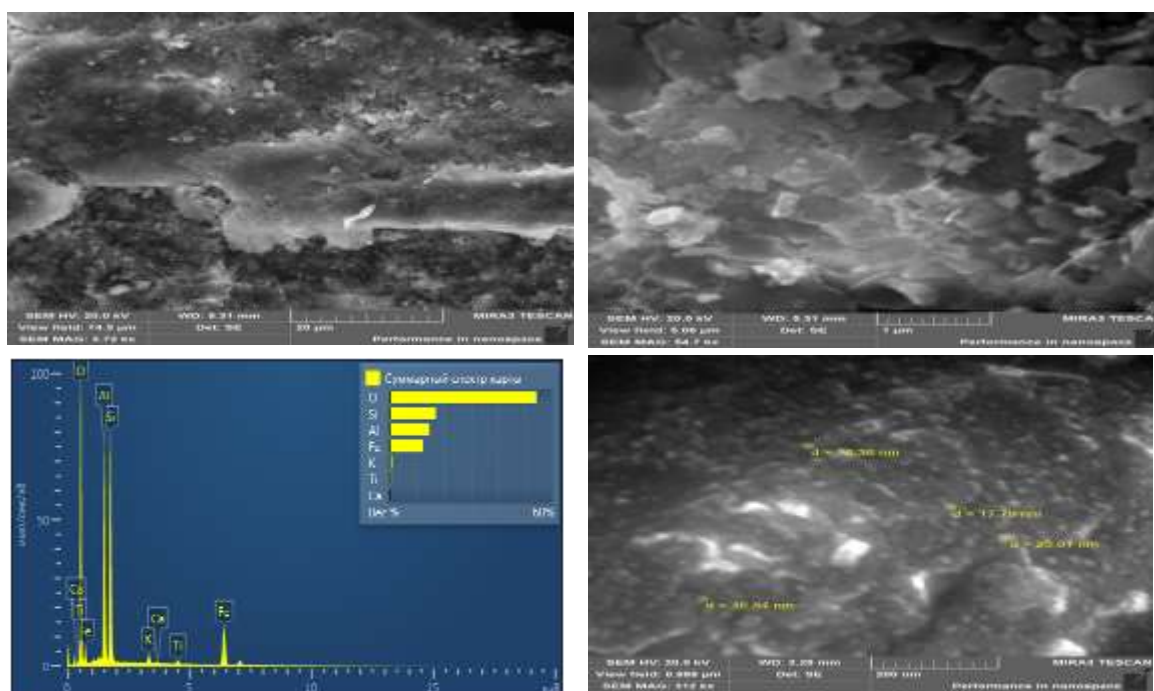
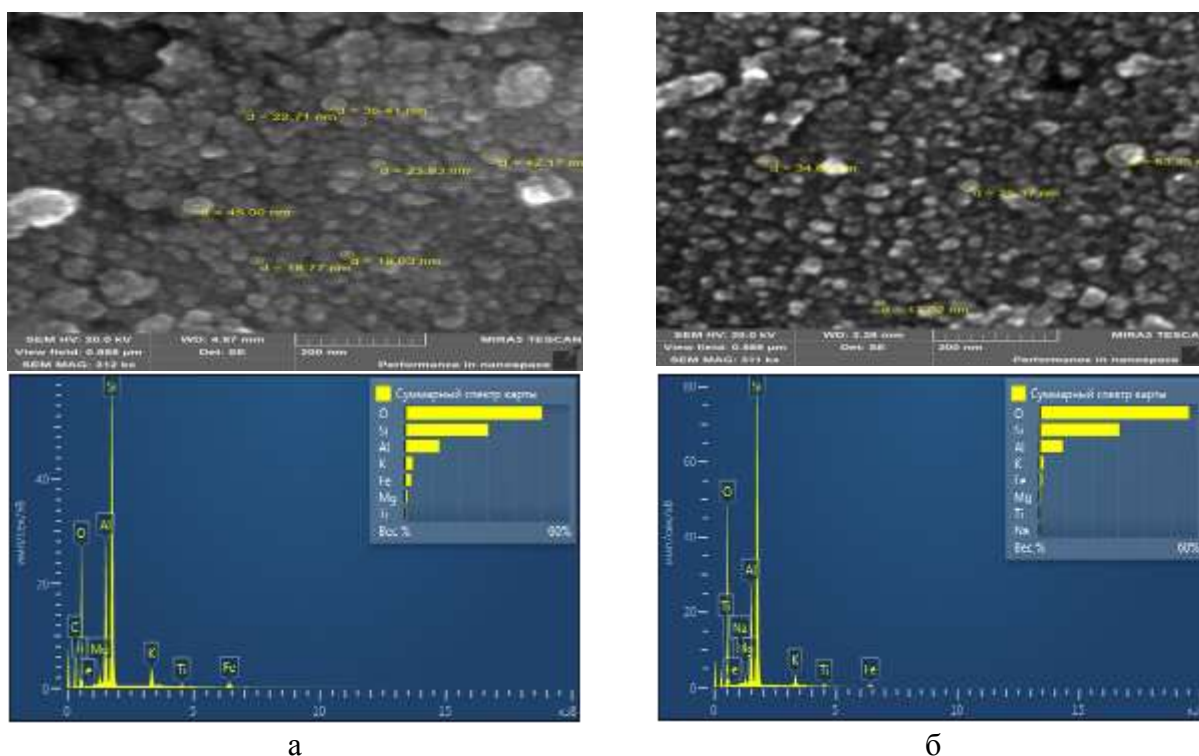


Рис.1. Электронно-микроскопические снимки горелой породы

На рисунке 1 отчетливо видна слоистая структура породы, а при увеличении в 20 тысяч раз видны микроразмерные гранулы с наноразмерными пиками и порами. Элементный анализ подтвердил алюмосиликатную природу горелой породы, в меньших количествах в составе породы содержатся кальций и железо.

Воздействие микроволнового излучения (МВИ) основывается на процессе нагрева смесей породы, гуминовой кислоты и активированных углеродных нанотрубок в результате поглощения ими энергии МВИ. Температура в микроволновой печи в зависимости от времени облучения достигала 60-100°C. В процессе реакции происходило обезвоживание смеси с образованием гуминоминерального композита. Изучено влияние времени МВИ-воздействия и природы модификатора на процессы получения гуминоминеральных нанокompозитов. Ход реакции контролировали кондуктометрическим методом, определяя изменение содержания кислых групп в каждом образце.

На рисунке 2 представлены микроснимки гуминоминеральных композитов состава ГП+ГК+МУНТ. На снимках видны микро- и наночастицы, характерные для горелой породы и гуминовой кислоты. Обнаружить нановолокна МУНТ немного сложнее, так как процентное содержание нанотрубок в композитах невелико. Элементный анализ показывает увеличение содержания углерода в гуминоминеральном нанокompозите по сравнению с горелой породой, что подтверждает успешность завершения синтеза сорбента.



а – композит состава ГП+ГК+МУНТ 50:10:1, МВ=10 мин; б – композит состава ГП+ГК+МУНТ (HNO₃+H₂SO₄) 50:10:1, МВ=10 мин;

Рис.2. Электронно-микроскопические снимки гуминоминеральных композитов, модифицированных МУН-Том

Процесс иммобилизации гуминовых кислот, представленный на рисунке 2 модифицированных МУНТом на горелую породу осуществлен в водных суспензиях при

воздействии МВИ при соотношении исходных компонентов ГП:ГК:МУНТ, равном 50:10:1. При этом смесь тщательно гомогенизировали, заливали водой, давали набухнуть и облучали микроволнами в течение необходимого времени (10 минут). Затем отфильтровывали композит и сушили при 50°C до постоянной массы. Полученные композиты имели серо-коричневый цвет и однородную структуру. Выход продуктов составил 94-95%. Количество кислых групп в образцах находится в интервале 2,32-2,35 ммоль-экв/г.

Также проведены исследования по вышеописанной методике для аналогичного состава при аналогичном времени МВИ, но с МУНТ, окисленными кислотами $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$. Выход гуминоминеральных композитов с активированными формами углеродных нанотрубок состава ГП:ГК:МУНТ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$)=50:10:1, при воздействии МВИ (10 минут) составил 93-95%. Количество кислых групп в образцах находится в интервале 2,35-2,38 ммоль-экв/г.

Таким образом, проведенные исследования по установлению состава и структуры полученных продуктов с помощью электронного микроскопа показали, что условия синтеза имеют решающее значение для последующей их модификации. Впервые в условиях микроволнового воздействия были получены гуминоминеральные нанокompозиты, допированные МУНТом.

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ Fe-Co-КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАНИЛИНА И ПОЛИ(АНИЛИНА-СО-о-АНИЗИДИНА)

Я.А. ВИСУРХАНОВА, Е.А. СОБОЛЕВА, Н.М. ИВАНОВА

Институт органического синтеза и углехимии РК, г. Караганда, Казахстан

Аннотация. Биметаллические Fe-Co-содержащие композиты полианилина и поли(анилина-со-о-анизида) получены путём введения оксида железа (II) и хлорида кобальта (II) в реакционную среду окислительной полимеризации мономеров без и с дальнейшим выпариванием растворителя. Их строение и морфологические особенности исследованы методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии. Синтезированные композиты применены для активации катода в электрогидрировании *n*-нитроанилина в водно-спиртово-щелочной среде католита. Установлена электрокаталитическая активность композитов, приготовленных с выпариванием, в исследуемом процессе, обусловленная формированием кристаллических фаз нуль-валентного железа.

Ключевые слова: железо- и кобальтсодержащие композиты, полианилин, поли(анилин-со-о-анизидин), электрокаталитическое гидрирование, *n*-нитроанилин

Проведением совместной полимеризации анилина и его производных можно получить сополимерную основу для металлополимерных композитов с увеличенным количеством функциональных групп по сравнению с полимерами отдельных мономеров и лучшим наполнением её катионами металлов или их наночастицами для создания эффективных электрокатализаторов.

В данной работе представлены результаты синтеза биметаллических Fe-Co-композитов на основе полианилина (ПАни) и сополимера анилина с *о*-анизидином (ПАни+ПоАД) и исследования их строения и электрокаталитической активности в электрогидрировании *n*-нитроанилина (*n*-НА). Fe-Co-полимерные композиты на основе ПАни и сополимера ПАни+ПоАД были получены путём введения CoCl_2 и FeO

(обработанного ультразвуком) в процессе окислительной полимеризации анилина, т.е. методом *in situ*, с использованием в качестве окислителя персульфата аммония без и с дальнейшим выпариванием растворителя (воды). Исходное соотношение ПАни+ПоАД/(FeO+CoCl₂) (по массе) было равно 1:1 и 1:2. Соотношение анилин/(FeO+CoCl₂) составляло 1:1 и 1:2 (по массе). Внутренние соотношения FeO/CoCl₂ были выбраны равными 1:1, 2:1 и 3:1. В фильтрах после синтеза Fe-Co-композитов содержание металлов было определено методом селективного комплексонометрического титрования с применением в качестве комплексообразователя трилона Б и индикатора – мурексида. По разности с исходно введенными количествами обоих металлов было вычислено их содержание в порошковых композитах, а также с учётом полученных масс композитов – содержание металлов в 1 г композитов. Из полученных данных следует, что при отделении приготовленных композитов от раствора в фильтрат уходит большая часть катионов Co²⁺, и задерживается практически всё введенное количество железа (II). Поэтому в этих композитах железа (II) содержится в несколько раз больше, чем Co(II) (см. таблицу 1 ниже по тексту). Композиты, синтезированные с проведением процедуры выпаривания, содержат все введенные количества металлов, но из-за больших масс полученных композитов содержание обоих металлов в 1 г композита оказывается также невысоким (таблица 1).

Фазовые составы полученных биметаллических Fe-Co-содержащих композитов ПАни и ПАни+ПоАД были изучены методом РФА на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2 до и после применения их в электрогидрировании *n*-НА.

Согласно рентгенограммам композита ПАни+FeO(1)+CoCl₂(1)(1:2) до гидрирования, в его составе имеются кристаллические фазы оксидов железа (FeO – вюстит, Fe₃O₄ – магнетита, Fe₂O₃ – гематита) (рис. 1,а), а после гидрирования – появляются кристаллические фазы железа в нуль-валентном состоянии при сохранении оксидов железа с уменьшенным содержанием FeO (рис.1,б). Очевидно электрохимическое восстановление катионов железа осуществляется из оксида железа FeO в ходе электрогидрирования органического соединения. Из-за низкого содержания кобальта (II), а также, возможно, из-за ультрадисперсного состояния образующегося гидроксида кобальта (II) его присутствие никак не проявляется на рентгенограмме этого композита.

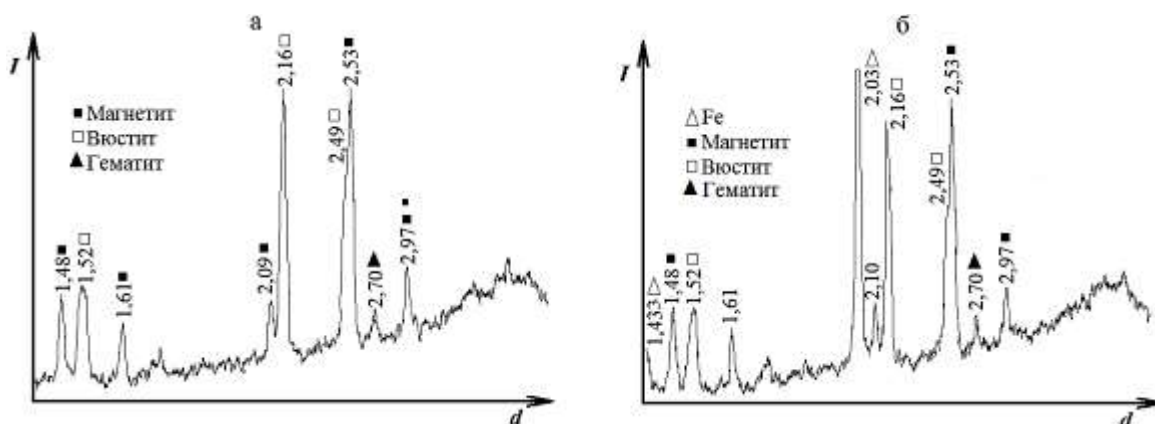


Рис. 1. Рентгенограммы композита ПАни+FeO(1)+CoCl₂(1) (1:2) до (а) и после (б) электрогидрирования *n*-НА

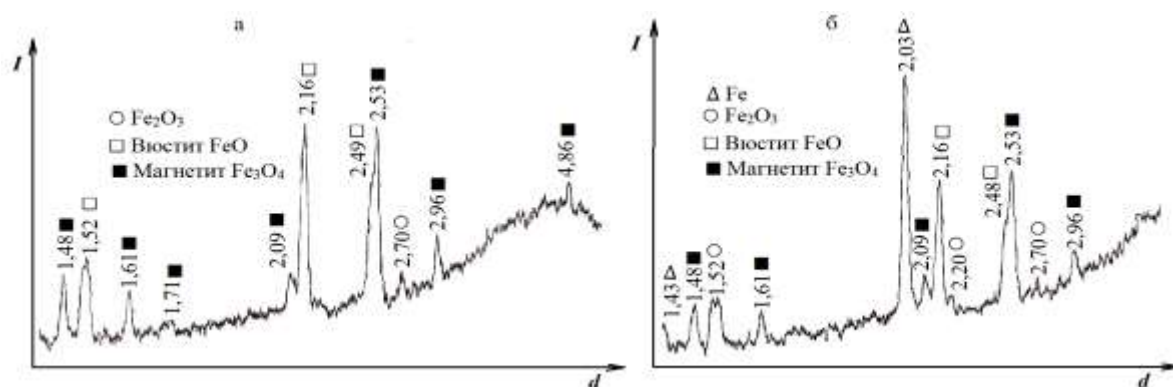


Рис. 2. Рентгенограммы композита ПАни+ПоАД+FeO(1)+CoCl₂(1)(1:1) до (а) и после (б) электрогидрирования *n*-НА

Аналогичный фазовый состав до гидрирования имеет композит на сополимерной основе ПАни+ПоАД+FeO(1)+CoCl₂(1)(1:1), но с меньшим содержанием железа (II) (рис.2,а). Основным отличием этого композита от композита на основе ПАни (рис. 2,б и рис.1,б) является содержание присутствующих оксидов железа FeO и Fe₃O₄ по отношению к восстановленному железу Fe⁰. В случае композита на сополимерной основе содержание этих оксидов существенно меньше, чем Fe⁰.

В фазовых составах Fe-Со-композитов на основе ПАни и сополимера ПАни+ПоАД до гидрирования (рис. 3,а и рис. 4,а), синтезированных с проведением выпаривания растворителя, имеются кристаллические фазы побочных продуктов окислительной полимеризации мономеров ((NH₄)₂SO₄, NH₄Cl), кристаллогидрата двойной соли (NH₄)₂Co(SO₄)₂·6H₂O и в малых количествах оксидов железа. После применения этих композитов в электрогидрировании *n*-НА в их фазовых составах также появляется железо Fe⁰, сохраняются его оксиды и присутствует гидроксид кобальта (II). При этом содержание оксидов железа относительно восстановленного железа в композите на сополимерной основе несколько меньше, чем в композите на основе ПАни (рис. 3,б и 4,б). Следует отметить, что электрохимического восстановления катионов кобальта (II) не происходит.

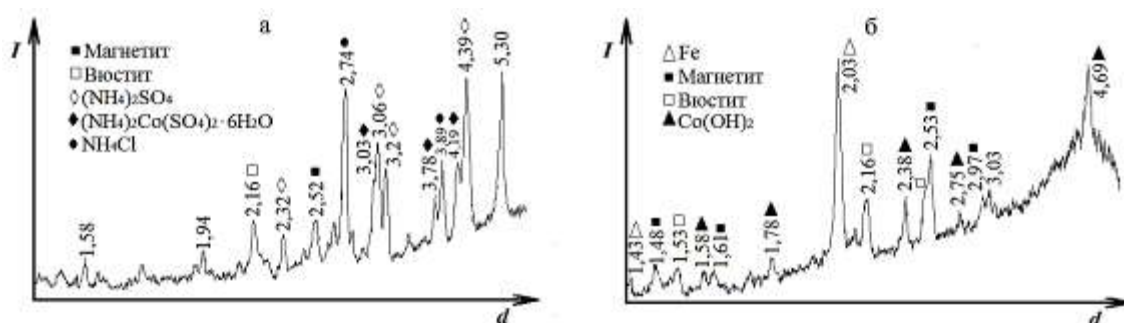
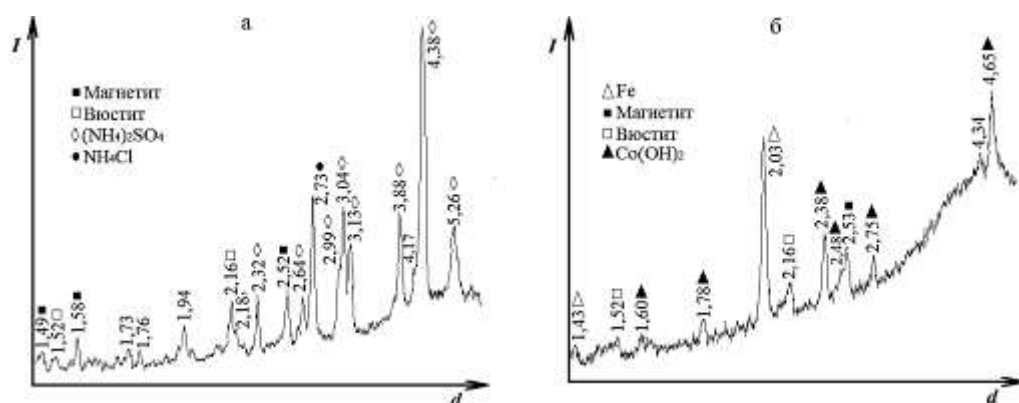


Рис. 3. Рентгенограммы композита ПАни+FeO(1)+CoCl₂(1) (1:1), с выпариванием

Рис. 4. Рентгенограммы композита ПАни+ПоАД+FeO(1)+CoCl₂(1) (1:1), с выпариванием

Синтезированные композиты ПАни+FeO+CoCl₂ и ПАни+ПоАД+FeO+CoCl₂ были применены для активации катода в электрогидрировании *n*-НА. Эксперименты выполнены в диафрагменной электрохимической ячейке в спиртово-водно-щелочной среде католита при силе тока 1,5 А и 30°C. Концентрация *n*-НА составляла 0,066 моль/л, масса композита, наносимого на катод – 1 г. Анодом служила платиновая сетка, катодом – медная пластина, плотно прилегающая ко дну электролизёра.

Таблица 1.

Электрокаталитическое гидрирование *n*-НА на композитах ПАни+FeO+CoCl₂ и ПАни+ПоАД+FeO+CoCl₂

№ композита	Композит	Содержание металлов в 1 г композита		W, мл H ₂ /мин (α=0,25)	α, %	Состав экстрактов	
		Fe	Co			<i>n</i> -ФДА, %	<i>n</i> -НА, %
0	Си-катод	-	-	6,6	89,5	88,4	11,6
1	ПАни + FeO(1:1)	0,410	-	6,1	94,8	100,0	0,0
2	ПАни+ПоАД + FeO(1:1)	0,275	-	6,3	93,8	92,5	7,5
3	ПАни+ПоАД + CoCl ₂ (1:2)	-	0,134	6,0	89,5	91,6	8,4
ПАни + FeO + CoCl ₂ (1:2)							
4	ПАни + FeO(1) + CoCl ₂ (1)	0,386	0,064	6,0	95,2	100,0	0,0
5	ПАни + FeO(2) + CoCl ₂ (1)	0,439	0,092	6,1	95,6	98,8	1,2
6	ПАни + FeO(3) + CoCl ₂ (1)	0,475	0,022	5,4	98,8	100,0	0,0
ПАни + ПоАД + FeO + CoCl ₂ (1:2)							
7	ПАни+ПоАД+FeO(1)+CoCl ₂ (1)	0,235	0,042	5,7	93,5	94,9	5,1
8	ПАни+ПоАД+FeO(2)+CoCl ₂ (1)	0,277	0,023	5,2	94,1	94,7	5,3
9	ПАни+ПоАД+FeO(3)+CoCl ₂ (1)	0,301	0,014	6,0	89,7	97,3	2,3
ПАни + FeO + CoCl ₂ (1:1), с выпариванием							
10	ПАни + FeO(1) + CoCl ₂ (1)	0,076	0,045	7,3	93,4	98,8	1,2
11	ПАни + FeO(2) + CoCl ₂ (1)	0,099	0,029	6,3	94,2	100,0	0,0
12	ПАни + FeO(3) + CoCl ₂ (1)	0,108	0,021	6,8	98,6	100,0	0,0
ПАни + ПоАД + FeO + CoCl ₂ (1:1), с выпариванием							
13	ПАни+ПоАД+FeO(1)+CoCl ₂ (1)	0,038	0,021	7,7	92,1	97,9	2,1
14	ПАни+ПоАД+FeO(2)+CoCl ₂ (1)	0,046	0,013	7,3	93,3	97,2	2,8
15	ПАни+ПоАД+FeO(3)+CoCl ₂ (1)	0,050	0,010	7,5	94,5	97,1	2,9

Согласно приведённым данным в таблице 1, электрогидрирование *n*-НА с применением как монометаллических, так и биметаллических Fe-Co-композитов на основе ПАни и сополимера ПАни+ПоАД, синтезированных с отделением их порошков от жидких фильтратов (композиты 1-9), проходит со скоростями (W), меньшими, чем в

электрохимическом восстановлении *n*-НА на Cu-катоде. При этом степень превращения *n*-НА, или его конверсия с образованием *n*-фенилендиаминa оказывается выше практически на всех композитах этой группы по сравнению с электрохимическим процессом.

Применение для активации катода биметаллических Fe-Co-композитов на основе ПАни и сополимера ПАни+ПоАД, приготовленных с проведением выпаривания растворителя, оказывает благоприятное влияние на электрогидрирование *n*-НА – повышаются и скорость гидрирования *n*-НА, и его конверсия. При этом Fe-Co-композиты на сополимерной основе проявили более высокую электрокаталитическую активность в исследуемом процессе, чем композиты на основе ПАни (таблица 1).

Одной из причин этого может быть меньшее количество FeO, введённого в сополимер, которое, очевидно, является наиболее оптимальным и не сопровождается формированием избыточного количества кристаллических фаз магнетита (Fe₃O₄), как это наблюдается при гидрировании *n*-НА на композитах ПАни + FeO + CoCl₂ (1:2). Увеличенное количество Fe₃O₄ по отношению к Fe⁰, удерживаемое на поверхности катода внешним магнитом, оказывает, по-видимому, замедляющее действие на электрокаталитическое гидрирование *n*-НА, осуществляемое на частицах восстановленного железа.

Можно заключить, что полученные новые биметаллические Fe-Co-композиты на полимерной основе ПАни- и сополимерной основе ПАни+ПоАД проявляют электрокаталитическую активность в электрогидрировании *n*-НА за счёт осуществления электрохимического восстановления катионов железа в ходе катодной поляризации током. При этом наиболее электрокаталитически активными являются Fe-Co-композиты на сополимерной основе, полученные с проведением стадии выпаривания растворителя.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРНЫХ СЛОЕВ КАРБИДА КРЕМНИЯ МЕТОДАМИ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

А.А. ВОРОНЦОВА, В.В. ТРУШЛЯКОВА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

ИЦ «ЦМИД»

Аннотация. В данной работе рассматриваются методы изучения карбида кремния с помощью растровой электронной микроскопии. Проведен ряд экспериментов, направленных на изучение причин возникновения контраста и разработку методики исследования. В качестве образцов выбраны пластины карбида кремния.

Ключевые слова: карбид кремния, РЭМ, концентрационный контраст, уровень контраста.

На сегодняшний день существует необходимость в контроле характеристик карбида кремния (SiC), так как он является перспективным материалом для создания полупроводниковых устройств. Одним из изучаемых параметров является концентрационная характеристика материала, то есть концентрация и распределение легированных примесей в материале. Основным методом для определения концентрации

и распределения примесей в легированных полупроводниковых материалах являются метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) и метод анализа вольт-фарадных характеристик барьера металл-полупроводник, достоинствами которых являются высокая точность и чувствительность. Учитывая современные условия технологических процессов создания материалов и элементов электронной техники, использование этих методов для диагностики не всегда рационально. Используя для диагностики полупроводников методы растровой электронной микроскопии, можно повысить оперативность измерений и тем самым снизить временные затраты на диагностику.

Измерение параметров структурных слоев SiC возможно при наличии специфического вида контраста (концентрационного контраста), возникающего за счет различия яркости областей, содержащих донорные и акцепторные примеси. В зависимости от типа сигнала, регистрируемого детекторной системой прибора, существует множество типов формируемых контрастов, благодаря которым возможно получение различного рода информации. Чувствительность к типу и концентрации примеси, в случае легированного полупроводника, проявляется в режиме вторичной электронной эмиссии.

Вторичные электроны возникают в результате взаимодействия между высокоэнергетическими электронами пучка и слабо связанными электронами проводимости. При взаимодействии между ними происходит передача электронам зоны проводимости лишь нескольких электронвольт энергии. Таким образом, можно сделать важный вывод: контраст, возникающий за счет разных уровней концентраций, формируется исключительно низкоэнергетичными вторичными электронами. [2]

Величина сигнала, определяющая яркость какой-либо точки на экране, сложным образом зависит от ряда факторов. Явление концентрационного контраста заключается в том, что при исследовании полупроводниковых структур с разным типом проводимости методом растровой электронной микроскопии в режиме вторичных электронов, участки образца проводимости n-типа выглядят темнее участков проводимости p-типа. Уровень формируемой контрастности связан с концентрацией легирующей примеси в материале образца. Иными словами, интенсивность вторичной электронной эмиссии из областей p-типа выше, чем из областей n-типа. Однако информативность данного контраста будет выше при различии концентраций p- и n областей на один или более порядков. [3]

Известно, что интенсивность вторичной электронной эмиссии I логарифмически пропорциональна концентрации N примеси в образце ($I=k\ln(N)$), а также изменение концентрации примеси на один порядок уже приводит к заметному изменению яркости изображения, что делает возможным использование сигнала в режиме вторичных электронов в целях количественного анализа концентрации примеси в образце. [4]

Уровень контраста, возникающего за счет эффектов легирования, зависит от ряда параметров:

1. физические свойства образцов (тип полупроводника, ширина запрещенной зоны, энергия ионизации, тип и концентрация легирующей примеси);
2. состояние исследуемой поверхности (наличие поверхностных состояний, загрязнений, окислов, повреждений);
3. экспериментальные условия (уровень вакуума, тип детектора, величина ускоряющего напряжения и тока пучка первичных электронов и пр.).

Для анализа, получаемых изображений, используется видеоконтрольное устройство (ВКУ), которым оснащен микроскоп и благодаря ему возможно построение распределения яркости по линии сканирования (рис.1 а,б).

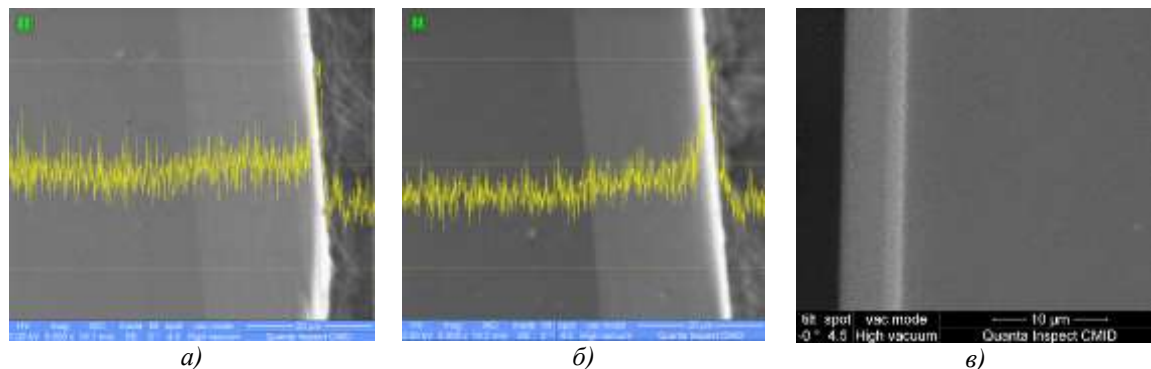


Рис.1. Изображения участка поверхности образца вместе с сигналом с ВКУ при различных значениях ускоряющего напряжения электронов зонда;

а) $U_{\text{ускор}}=1\text{кВ}$; б) $U_{\text{ускор}}=2\text{кВ}$; в) изображение полной структуры.

Используя сигналы с ВКУ, можно анализировать контраст, возникающий за счет различных физических эффектов, не только качественно, но и количественно, если использовать математическое описание процесса.

Для построения полной модели, описывающей физику явления контраста, связанного с количеством и типом концентрации необходимо структурировать и анализировать накопленные экспериментальные данные, а также выявлять зависимости уровня контрастности от различных параметров и определять характер этих зависимостей.

Для подбора оптимальных рабочих условий измерений, подходящих для исследования карбид кремниевых структур, при прочих постоянных рабочих условиях необходимо отслеживать ход зависимости от переменных параметров, таких как ускоряющее напряжение электронов зонда. Анализируя зависимости и сравнивая полученные изображения контрастов, выявляются наиболее благоприятные рабочие условия для данного полупроводникового материала.

Ряд полученных изображений SiC (рис.2) показал, что наибольший уровень контраста изображения формируется при $U_{\text{ускор}}=5\text{кВ}$.

Оценка ширины структурно образованных слоев осуществляется по одной из линий сканирования. Встроенные программные средства РЭМ позволяют получать числовые значения уровня контраста по одной из линий сканирования. Задача заключается в определении ширины участка между двумя резкими изменениями числового значения уровня контраста. Зная рабочие параметры РЭМ, количество пикселей в растре и размер поля зрения, можно определить числовое значение ширины полос. Так для представленного образца (рис.3 а) ширина структурного слоя составила 20мкм.

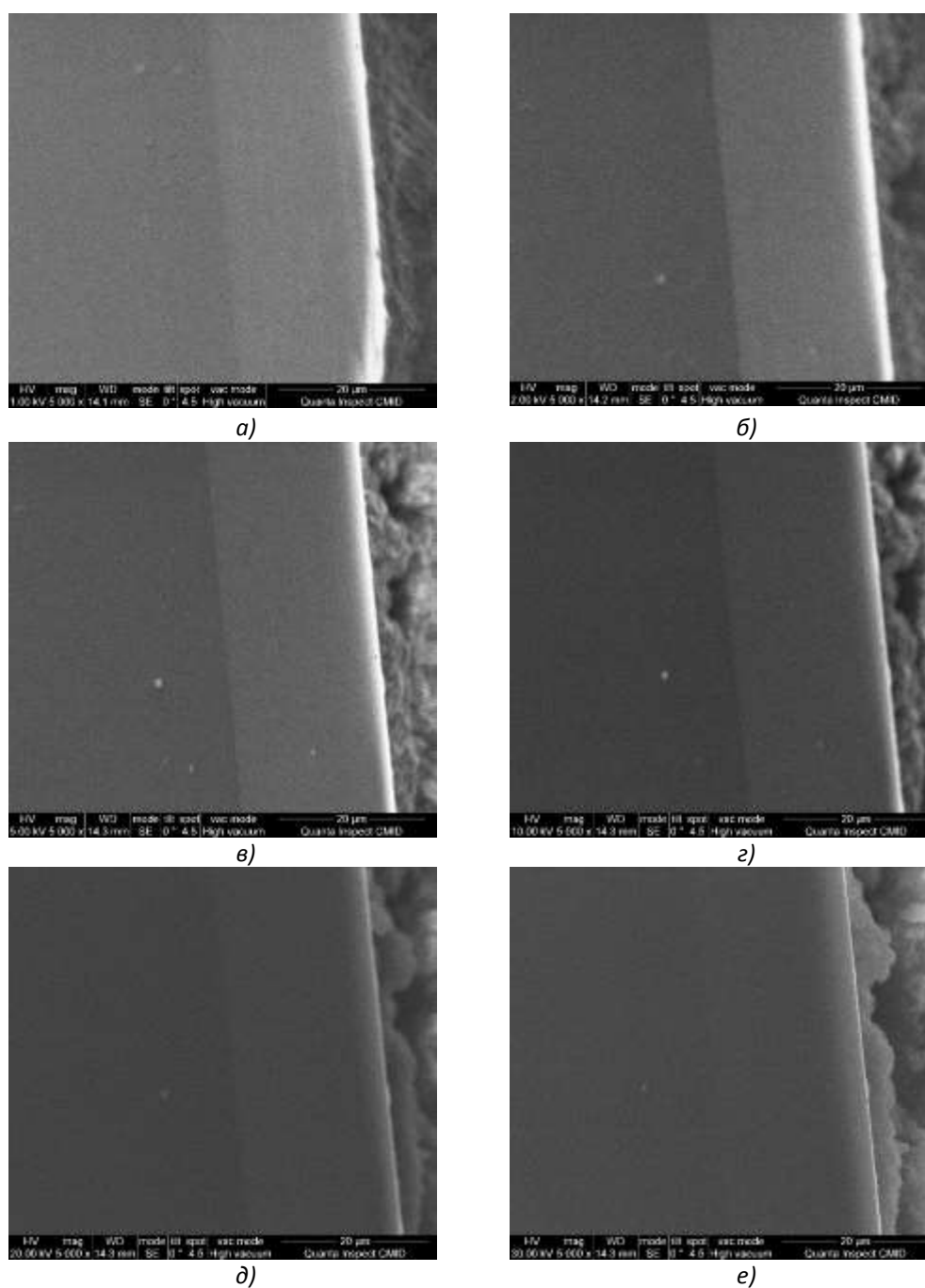


Рис.2. Изображения участка образца, полученные в режиме вторичных электронов при различных ускоряющих напряжениях: а) $U_{\text{ускор}} = 1 \text{ кВ}$; б) $U_{\text{ускор}} = 2 \text{ кВ}$; в) $U_{\text{ускор}} = 5 \text{ кВ}$; г) $U_{\text{ускор}} = 10 \text{ кВ}$; д) $U_{\text{ускор}} = 20 \text{ кВ}$; е) $U_{\text{ускор}} = 20 \text{ кВ}$;

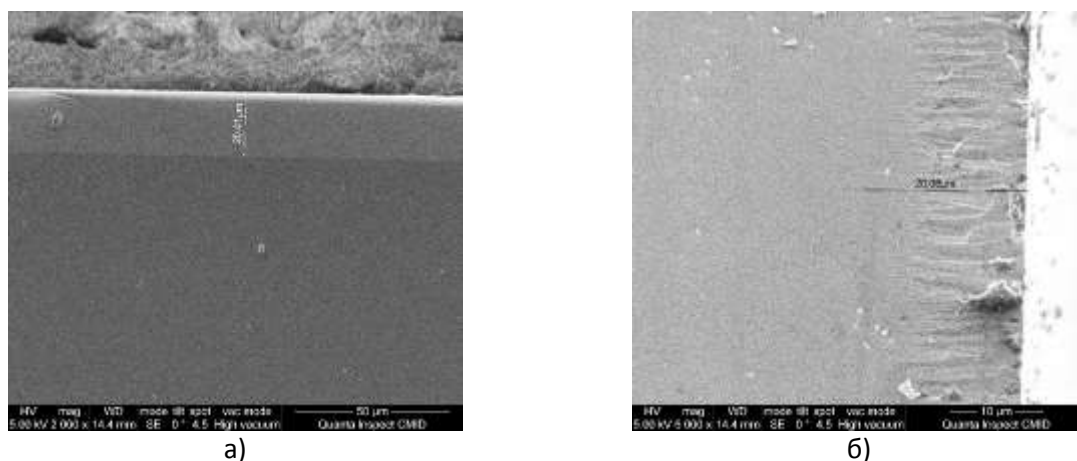


Рис.3. Ширина структурного слоя образцов: а) прошедшего механическую полировку; б) на сколе, без обработки.

Подготовка образцов имеет важное значение в исследованиях. Возможно проведение механической полировки, направленной на удаление с поверхности образца слоя оксида и уменьшение рельефа. Химическое травление в растворе кислоты, является одним из способов, посредством которого уменьшается количество поверхностных загрязнений. Такая подготовка позволяет получить наиболее качественные изображения, так как исключается влияние поверхностного заряда и загрязнений. Влияние подготовительных манипуляций с образцом на результат, также выявляются путем сравнения экспериментальных данных.

Первоначально измерение толщины структурных слоев проводилась на сколе (рис.3 б). Достоверность результатов оказалось очень низкой, так как вклад рельефа был существенным. Последующие образцы измерялись после механической шлифовки и полировки скола. [6] На этих образцах измерить толщины отдельных тонких слоев не удалось, так как концентрационный контраст отсутствовал полностью. Предположительно, это связано с тем, что во время полировки происходит смешивание слоев в приповерхностной области и тонкие слои становятся не различимы.

Наилучшие результаты были достигнуты на образцах, которые после механической обработки были подвергнуты химическому травлению в расплавленном растворе КОН. На этих образцах различимы все структурные слои.

В последующем планируется анализ изображений с целью получения количественных характеристик концентраций. Для этого необходимо более полное описание физической сути возникающего контраста.

Список литературы

1. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Джой Д. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. В 2 т. Т 1. М.: Мир, 1984.
2. Фарбер В.М., Архангельская А.А. Дифракционные методы анализа: учебное пособие для вузов – Екатеринбург, 2004.
3. С. Дж. Б. Рид. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. – М.: Техносфера, 2008.
4. Perovic D.D., Castell M.R., Howie A.C. Field-emission SEM imaging of compositional and doping layer semiconductor superlattices // Ultramicroscopy 1995. № 58. P.104-113.
5. Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля – М.: Техносфера, 2004.
6. Марков А.В. Разработка технологии механической обработки поверхности монокристаллического карбида кремния. Библиотека СПбГЭТУ, 2017.

КИНЕТИКА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК С ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ ПЕРЕМЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

М. А. ГОЛОВАНОВА, Е. П. КОЛЕСОВА

Университет ИТМО

Аннотация. В работе исследована кинетика люминесценции полупроводниковых квантовых точек переменного химического состава в различных средах: органическом растворителе, водном растворе, гистологических срезах и в составе гибридной наноструктуры с наночастицами диоксида титана. Проанализировано влияние агрегации на кинетику люминесценции данного типа квантовых точек и сделаны выводы о возможности их использования в составе гибридных структур в качестве донора энергии и заряда.

Ключевые слова: квантовые точки, гибридные наноструктуры

Полупроводниковые квантовые точки (КТ) и гибридные структуры на их основе – одни из наиболее популярных наноматериалов [1]. Полупроводниковыми КТ называются нанокристаллы, уникальные свойства которых зависят от их типа, материала и размера. КТ способны поглощать свет в широком диапазоне длин волн, характеризуются высоким квантовым выходом люминесценции, а также обладают высокой химической и фотостабильностью в сравнении с флуоресцентными органическими красителями. Квантовые точки структуры ядро/оболочка с оболочкой толщины 1-2 монослоя принято считать классическими. Благодаря уменьшению количества поверхностных дефектов, пассивации поверхности ядра и лучшей локализации экситона в ядре квантовые точки с оболочкой обладают большим квантовым выходом люминесценции. Самой распространённой является ситуация, когда оболочка – более широкозонный относительно материала ядра полупроводник. Такие КТ относят к первому типу квантовых точек ядро/оболочка. Главный недостаток этих КТ – так называемый блинкинг, т.е. случайное переключение между ярко люминесцирующим и слабо люминесцирующим состоянием люминофора, связанное с появлением избыточного заряда в КТ и увеличением вероятности Оже-рекомбинации. Известно два варианта подавления блинкинга: создание оболочки с переменным градиентным химическим составом или покрытие КТ толстой оболочкой, затрудняющей перенос заряда. В случае с оболочкой переменного химического состава, плавное градиентное изменение стен потенциальной ямы делает неэффективными процессы Оже-рекомбинации [2].

Хорошо известно, что полупроводниковые квантовые точки могут выступать в качестве люминофора или являться донором заряда или энергии в гибридных структурах. Полупроводниковые квантовые точки с оболочкой переменного химического состава являются относительно новым объектом. Поэтому сегодня отсутствуют данные, в какой степени наличие достаточно толстой полупроводниковой оболочки переменного химического состава может сказываться на эффективности передачи энергии или заряда от данного типа КТ к их ближайшему окружению. Поскольку процессы передачи энергии или заряда конкурируют с излучательной релаксацией электронного возбуждения в КТ, то исследование кинетики затухания люминесценции КТ в различных средах позволяет оценить перспективность использования данного типа КТ в качестве люминофора, а также потенциального донора энергии или заряда.

Цель работы – установить зависимости кинетики люминесценции полупроводниковых КТ с оболочкой переменного химического состава от ближайшего окружения.

В работе были использованы $(\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Se}_{1-y})\text{-ZnS}$ КТ переменного химического состава со средним размером 8 нм [3]. Изначально поверхность синтезированных КТ была стабилизирована молекулами олеиновой кислоты. Для исследования люминесцентных свойств и коллоидной стабильности КТ в биологических средах, включая водные растворы различной кислотности и биологические ткани, КТ были переведены в водную фазу в результате замены исходного стабилизатора на молекулы L-цистеина.

В работе также были исследованы люминесцентные свойства КТ в составе гибридных структур на основе НЧ TiO_2 [4] из сухих слоёв, полученных методом Ленгмюра-Блоджетт для нанесения тонких плёнок [5].

Спектры поглощения и люминесценции КТ регистрировались с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-Probe 3600 и спектрофлуориметра Cary Eclipse Varian. Кинетика затухания люминесценции исследовалась с помощью люминесцентного микроскопа PicoQuant с линейкой интерференционных фильтров с возможностью регистрации кривых затухания люминесценции на различных длинах волн с шагом 10 нм.

На рисунке 1 приведены спектры поглощения и люминесценции КТ в хлороформе. Видно, что образец КТ характеризуется симметричными полосами экситонного поглощения (553 нм) и люминесценции (567 нм). Следует отметить, что наличие достаточно толстой полупроводниковой оболочки переменного химического состава приводит к уменьшению степени локализации экситона в ядре CdSe, что приводит к смещению в область меньших энергий максимумов полос фундаментального поглощения и экситонной люминесценции по сравнению с положением полос в спектрах поглощения и люминесценции безоболочечных КТ с таким же размером ядра.

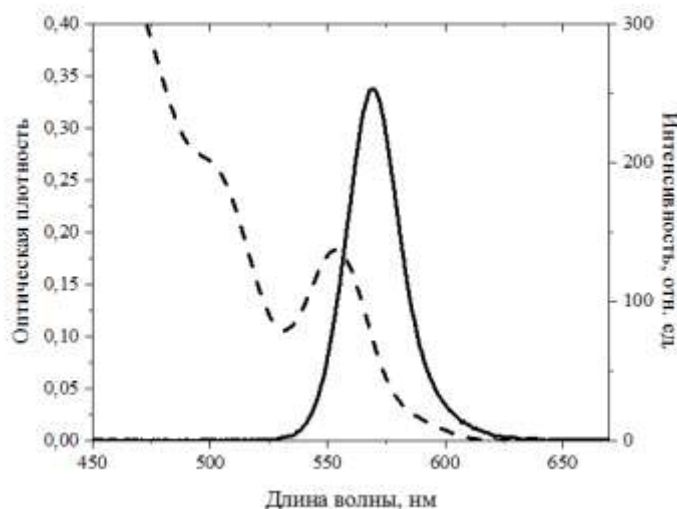


Рис. 1. Спектры поглощения (штриховая линия) и люминесценции (сплошная линия) коллоидного раствора исследуемых КТ в хлороформе. Длина волны возбуждения люминесценции 350 нм.

Исследование кинетики затухания люминесценции образцов КТ в хлороформе показало, что данные КТ аппроксимируются биэкспоненциальной зависимостью с характерными временами 30,8 нс и 13,7 нс. Наличие биэкспоненциального затухания люминесценции в данном случае свидетельствует о неполном подавлении Оже-процессов.

В таблице 1 приведены данные о средневзвешенных временах затухания люминесценции КТ в различных средах, полученные при регистрации люминесценции образцов в области 550-590 нм с использованием линейки интерференционных фильтров. Анализ кинетики затухания люминесценции образцов КТ в воде показал, что так же, как и в случае КТ I типа, стабилизация поверхности КТ молекулами L-цистеина приводит к заметному тушению их люминесценции и к двукратному сокращению характерных времен затухания люминесценции.

Таблица 1

Зависимости средневзвешенного времени затухания люминесценции КТ в различных средах от длины волны регистрации

λ , нм	τ_{av}^* , нс					
	Хлороформ	Вода	Вода (с агрегатами)	Гистологический срез (с видимыми агрегатами)	Сухой слой КТ	Сухой слой КТ + НЧ TiO_2
550	23,2	10,8	9,4	6	5,6	-
560	23,3	11,6	9,8	6,3	5,3	4
570	22,6	11,8	10,7	6,2	7	3,7
580	23,1	11,3	10,6	7,1	8,2	5
590	23,9	11	10,8	7,6	10,1	6,1

Столь эффективное тушение люминесценции КТ свидетельствует о том, что наличие достаточно толстой оболочки не позволяет эффективно ингибировать фотоиндуцированный перенос дырки от КТ к молекулам цистеина [6].

$$*\tau_{av} = \frac{\sum A_i \tau_i^2}{\sum A_i \tau_i},$$

где A_i и τ_i – амплитуда и характерное время затухания i -ой компоненты.

Известно, что внедрение КТ в различные матрицы, включая биологические среды, или формирование сухих слоёв КТ на диэлектрических подложках может сопровождаться агрегацией квантовых точек, которая приводит к заметному падению квантового выхода люминесценции, длинноволновому смещению полосы люминесценции ансамбля КТ и к появлению зависимости характерного времени затухания их люминесценции от длины волны регистрации. Появление данной зависимости является характерной особенностью коллоидных квантовых точек и связано с реализацией эффективного переноса энергии фотовозбуждения между КТ разного размера из ансамбля одного среднего размера в составе агрегатов. Поэтому для оценки эффективности переноса энергии в системах с $(Cd_xZn_{1-x}Se_yS_{1-y})-ZnS$ КТ в работе были созданы условия, при которых в водных растворах наблюдалась агрегация КТ. Так, снижение уровня pH водного раствора КТ с 11 до 6 привело к формированию агрегатов, размер которых был не меньше 200 нм. Наличие агрегатов такого размера мало сказалось на спектральных характеристиках ансамбля КТ, но привело к заметному снижению квантового выхода люминесценции образца и к появлению зависимости характерных времен затухания люминесценции от длины волны регистрации (см. таблицу 1). Данная зависимость является свидетельством того, что в агрегатах наблюдается диполь-дипольный перенос энергии от КТ меньшего размера к КТ большего размера из ансамбля одного среднего размера. Выполненные в работе оценки показали, что эффективность переноса энергии, оцененная по сокращению времени

затухания люминесценции, хорошо коррелирует с теоретическими оценками для данного ансамбля КТ и составляет 13,5 %. Следовательно, градиентная полупроводниковая оболочка у данных КТ задает расстояние между центрами КТ и, в первом приближении, не приводит к изменению хорошо известных закономерностей диполь-дипольного переноса энергии в структурах с полупроводниковыми КТ.

Анализ кинетики люминесценции КТ в гистологических срезах и в сухих слоях на диэлектрических подложках, а также в составе многослойных гибридных структур с наночастицами диоксида титана показал, что в данных образцах помимо переноса энергии между КТ в составе агрегатов, формируются новые каналы релаксации электронного возбуждения, которые обусловлены фотоиндуцированным переносом заряда от КТ к их ближайшему окружению.

Таким образом, наличие достаточно толстой (порядка 3 нм) полупроводниковой оболочки градиентного переменного химического состава у этого типа КТ мешает реализовать эффективный перенос энергии, так как по сравнению с КТ I типа в их случае увеличивается расстояние между донором и акцептором энергии. Но такой тип оболочки КТ практически не сказывается на эффективности переноса зарядов от КТ к ближайшему окружению. Следовательно, исследованные в работе $(\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Se}_y\text{S}_{1-y})\text{-ZnS}$ КТ не имеют видимых преимуществ по сравнению с КТ I типа при использовании их в качестве люминофора, являются менее эффективными донорами энергии, но могут быть эффективны в качестве доноров заряда в составе гибридных структур, в том числе в структурах с TiO_2 .

В продолжение работы предполагается выявить закономерности фотоиндуцированного переноса электрона в гибридных структурах КТ/НЧ TiO_2 в зависимости от строения электронной подсистемы $(\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Se}_y\text{S}_{1-y})\text{-ZnS}$ КТ и толщины их полупроводниковой оболочки переменного химического состава.

Авторы выражают благодарность Карабак Ирине Александровне и д.м.н. Кареву Вадиму Евгеньевичу, сотрудникам ФГБУ НИИДИ ФМБА России, предоставившим гистологические срезы мозга.

Список литературы

1. Zhang S. Geryak R., Geldmeier J., Kim S., and Tsukruk V.V. Synthesis, Assembly, and Applications of Hybrid Nanostructures for Biosensing // *Chemical reviews*. – 2017. – Т. 117. – №. 20. – С. 12942-13038.
2. Barroso M. M. Quantum Dots in Cell Biology // *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*. – 2011. – Т. 59. – № 3 – с. 237-251.
3. Adam M., Erdem T., Stachowski G. M., Soran-Erdem Z., Lox J., Bauer C., Poppe J., Demir H. V., Gaponik N., and Eychmueller A. Implementation of High-Quality Warm-White Light-Emitting Diodes by a Model-Experimental Feedback Approach Using Quantum Dot–Salt Mixed Crystals // *ACS applied materials & interfaces*. – 2015. – Т. 7. – №. 41. – С. 23364-23371.
4. Joo J., Kwon S.G., Yu T., Cho M., Lee J., Yoon J., and Hyeon T. Large-Scale Synthesis of TiO_2 Nanorods via Nonhydrolytic Sol–Gel Ester Elimination Reaction and Their Application to Photocatalytic Inactivation of *E. coli* // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2005. – Т. 109. – №. 32. – С. 15297-15302.
5. Coutinho P. J. G., Barbosa M. T. C. M. Characterization of TiO_2 Nanoparticles in Langmuir-Blodgett Films // *Journal of fluorescence*. – 2006. – Т. 16. – №. 3. – С. 387-392.
6. Wuister S. F., de Mello Donega C., Meijerink A. Influence of thiol capping on the exciton luminescence and decay kinetics of CdTe and CdSe quantum dots // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2004. – Т. 108. – №. 45. – С. 17393-17397.

МОДЕЛЬ РАСПЫЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ТИТАНОВОЙ МИШЕНИ В СРЕДЕ ДВУХ РЕАКТИВНЫХ ГАЗОВ

А.О. ГОНЧАРОВ, А.А КОЗИН, Н.В. ИВАНОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассмотрена модель реактивного распыления горячей титановой мишени в среде кислорода и азота. Температура мишени определена в виде функции от плотности ионного тока. Для математического описания процесса использован основной постулат химической кинетики с учетом уравнения изотермы Ленгмюра и уравнения Аррениуса в неизотермических условиях. Кроме этого в модели учтены термоэлектронная эмиссия и испарение поверхности мишени.

Ключевые слова: реактивное распыление, горячая мишень, модель, оксинитрид титана

Исследование проводится при поддержке РФФИ (грант 15-19-00076)

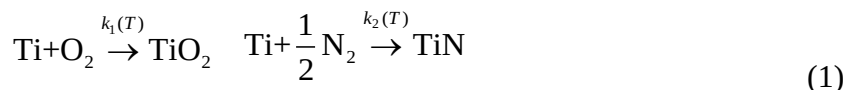
Пленки оксинитрида титана, состав которых выражают химической формулой TiO_xN_y , во многих случаях образуют непрерывный ряд соединений с различной концентрацией в них азота и кислорода (от оксида TiO_2 до нитрида TiN).

Для осаждения пленок TiO_xN_y наиболее часто используют метод реактивного магнетронного распыления на постоянном токе. Установлено, что холодная металлическая мишень при реактивном распылении может работать в реактивном или металлическом режиме. Переход между режимами управляется током разряда и расходами реактивных газов. В магнетроне с горячей мишенью изменяются физикохимические процессы, протекающие на ее поверхности. Для корректного описания задачи необходимо учесть влияние температуры мишени T на эти процессы.

Будем считать, что система реактивного распыления, содержит горячую металлическую мишень, произвольную подложку и стенку вакуумной камеры, имеющие площади поверхности A_t , A_s и A_w , соответственно (индексы t , s и w от англ. target, substrate и wall). Термин «горячая мишень» введен нами в том смысле, что мишень нагрета до такой температуры, при которой на фоне распыленного потока нельзя пренебрегать потоком испаренного вещества. Элементы системы расположены в газовой смеси $Ar + O_2 + N_2$. В системе распыления:

1. подложка и стенка имеют постоянные температуры T_s и T_w , соответственно.
2. Температура мишени $T_t = f(j_+)$ зависит от плотности ионного тока j_+ ;

будем считать, что оксинитрид титана формируется на всех поверхностях в виде твердого раствора оксида TiO_2 и нитрида TiN , возникающих в результате поверхностных химических реакций:



где $k_1(T)$ и $k_2(T)$ – константы скорости реакций (1). Здесь и далее индексы 1 и 2 относятся к оксиду (или кислороду) и нитриду (или азоту), соответственно;

Используя в этой задаче основной постулат химической кинетики так, как это было сделано в [1], получаем систему из шестнадцати алгебраических уравнений, описывающих:

- 1) равновесие на поверхностях:
мишени (рис. 1)

$$J_{chj}[T_t(j_+)] + j_{c,t}(j_+) = 0, j = 1, 2 \quad (2)$$

где $J_{chj}[T_t(j_+)]$ - плотность j -го химического потока, который за счет потоков кислорода и азота J_1 и J_2 создают реакции (1). Поверхность мишени в самом общем случае может иметь три области. Одна является открытым металлом, две другие покрыты оксидом и нитридом, соответственно (см. рис. 1). Поэтому она служит источником потоков металла и двух соединений, которые возникают вследствие распыления ионами аргона и испарения (закон Герца-Кнудсена). Эти потоки имеют плотности

$$J_{mt}(j_+) = J_{msp}(j_+) + J_{mev}[T_t(j_+)] \quad (3)$$

$$J_{c,t}(j_+) = J_{c,sp}(j_+) + J_{c,ev}[T_t(j_+)], j = 1, 2 \quad (4)$$

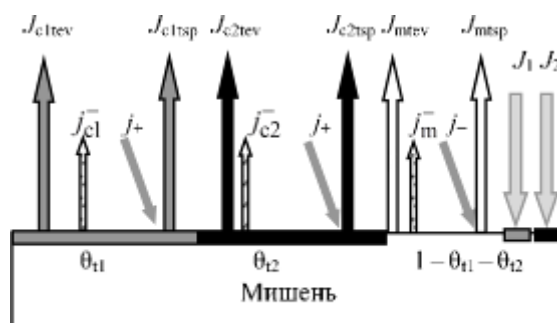


Рис. 1. Потоки на мишени

Первые слагаемые в правых частях (3) и (4) задают распыленные потоки, вторые – испаренные. Указанные потоки, осаждаваясь на поверхности подложки и стенки, формируют на них твердый раствор $TiO_2 + TiN$;

подложки и стенки

$$J_{chj}(T_i) + J_{mi}(j_+) - J_{c,i}(j_+) = 0, j = 1, 2; i = s, w. \quad (5)$$

2) потоки кислорода и азота на каждой из трех внутренних поверхностей вакуумной камеры:

$$Q_{i1} = J_{ch1}(T_i)A_i, i = t, s, w \quad (6)$$

$$Q_{i2} = \frac{1}{2} J_{ch2}(T_i)A_i, i = t, s, w \quad (7)$$

3) потоки реактивных газов, откачиваемые насосом:

$$Q_{i1} = J_{ch1}(T_i)A_i, i = t, s, w \quad (8)$$

4) уравнения баланса газовых потоков:

$$Q_{0j} = Q_{ij} + Q_{sj} + Q_{wj} + Q_{pj}, j = 1, 2 \quad (9)$$

В выражении (8) приняты обозначения: $c^0 = 2.5 \cdot 10^{25}$, $Pa^{-1}m^{-3}$ – размерный коэффициент, переводящий поток Q_p из единиц pV в более удобную для расчета

единицу измерения: количество частиц в единицу времени; S_p – быстрота откачки вакуумной камеры; p_j – парциальное давление j -го реактивного газа.

Система алгебраических уравнений (2), (4)–(9) содержат три независимые переменные: потоки Q_{0j} ($j=1, 2$) и плотность тока разряда j . Неизвестными являются: парциальные давления газов p_j ($j=1, 2$), газовые потоки Q_{tj} , Q_{sj} , Q_{wj} и Q_{pj} и доли трех поверхностей θ_{i1} и θ_{i2} ($i= t, s, w$), покрытых твердым раствором. Система (2), (4)–(9) была решена численно. Аппроксимирующее выражение, связывающее температуру мишени в кельвинах с плотностью ионного тока в амперах на квадратный метр имеет вид

$$T_t(j_+) \approx 293 + 1517(1 - e^{-0.00438j}) \quad (10)$$

Уравнения (2), (4)–(9) с учетом (10) решались в диапазоне плотностей тока от 200 до 400 А/м² и расходах азота Q_{02} от 0 до 0.3 см³/мин. На рис.2 приведены зависимости $p = f(Q_{01})$, имеющие S-образную форму, которые показывают, что для процесса характерен эффект гистерезиса. Из рис. 2 видно, что увеличение расхода азота способствует смещению точек изменения режимов работы мишени, в которых производная dp/dQ_{01} претерпевает разрывы. Кроме этого увеличение расхода азота приводит к уменьшению ширины гистерезисной петли.

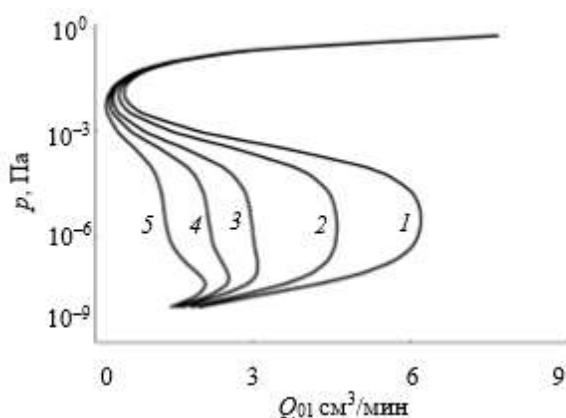


Рис. 2. Зависимость парциального давления кислорода от величины Q_{01} при различных значениях Q_{02} (см³/мин): 1 – 0; 2 – 0.10; 3 – 0.20; 4 – 0.25; 5 – 0.30

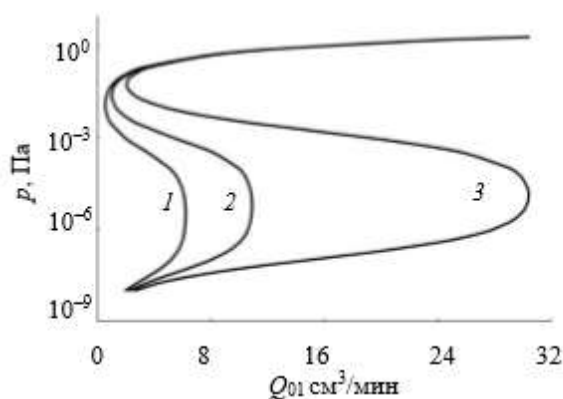


Рис.3 Зависимость парциального давления кислорода от величины Q_{01} при плотности тока (А/м²): 1 – 200; 2 – 300; 3 – 400

Список литературы

1. Barybin, A.A. A Nonisothermal Physicochemical Model of Synthesis of Oxyinitrides by Reactive Sputtering Techniques / A. A. Barybin, A. V. Zavyalov, V. I. Shapovalov // Glass Phys. Chem. 2012. V. 38. P. 396–401.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА

В.О. Гридчин, П.Ю. Белявский, А.А. СЕМЕНОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе были получены наноструктуры ZnO на кремниевой подложке методом ВЧ магнетронного распыления и определены технологические параметры роста. Исследовано влияние температуры на морфологию поверхности формируемых образцов. Подобные пленки с массивами наноструктур на поверхности могут быть использованы как антиотражающие покрытия в солнечных элементах.

Ключевые слова: ВЧ магнетронное распыление, наноразмерные структуры, оксид цинка

Введение

Оксид цинка является перспективным полупроводниковым материалом, который в последнее время привлекает широкое внимание исследователей. Это обусловлено тем, что ZnO устойчив к радиации, имеет высокую энергию связи экситонов и пьезоэлектрические свойства [1]. В современных солнечных элементах значительная часть света отражается от поверхности, что снижает КПД преобразования. Для уменьшения отраженной части света на поверхность наносят антиотражающие покрытия. Одним из видов антиотражающих покрытий являются наноструктурированные пленки с выступами и углублениями, соизмеримыми с длинами волн видимого света. Антиотражающий эффект подобных структур заимствован из природы и называется moth-eye effect [2]. Использование ZnO объясняется высоким коэффициентом оптического пропускания до 95% [3], низкой стоимостью оксида цинка, отсутствием токсичности. Однако, традиционные методы создания массивов наноструктур, такие как молекулярно-лучевая эпитаксия и осаждение из газовой фазы являются дорогостоящими. В настоящее время проблемы повышения КПД преобразования солнечных элементов и нахождение относительно дешевых технологий роста наноструктур являются актуальными.

Методика эксперимента и результаты

В данной работе для изготовления наноструктур использовалась технология ВЧ магнетронного распыления. Рост проводился по механизму «пар-жидкость-кристалл». Для реализации данного механизма роста сначала на подложку наносится слой катализатора, активирующего процесс роста. После чего полученный образец нагревается до температуры, выше температуры эвтектики данного сплава. На поверхности образца формируются наноклапты, под которыми в процессе осаждения ZnO растет кристалл.

В качестве подложек использовались пластины монокристаллического кремния Si (111). В качестве слоя катализатора было использовано золото Au. Толщина слоя ~ 3 нм. Нанесение слоя катализатора производилось методом вакуумного термического испарения. Далее подготовленный образец нагревался в установке магнетронного распыления до 400 °С, что соответствует линии эвтектики для системы Au-Si. На нагретый образец в смеси газов Ar:O₂ – 75:25% осаждался ZnO после чего образец равномерно охлаждался до комнатной температуры в кислородосодержащей среде.

Осаждение ZnO проводилось при давлении рабочего газа $P = 1.5$ Па, времени напыления $t = 30$ мин, температура подложки изменялась от 450 до 560 °С. Исследование морфологии образцов проводилось методом растровой электронной микроскопии.

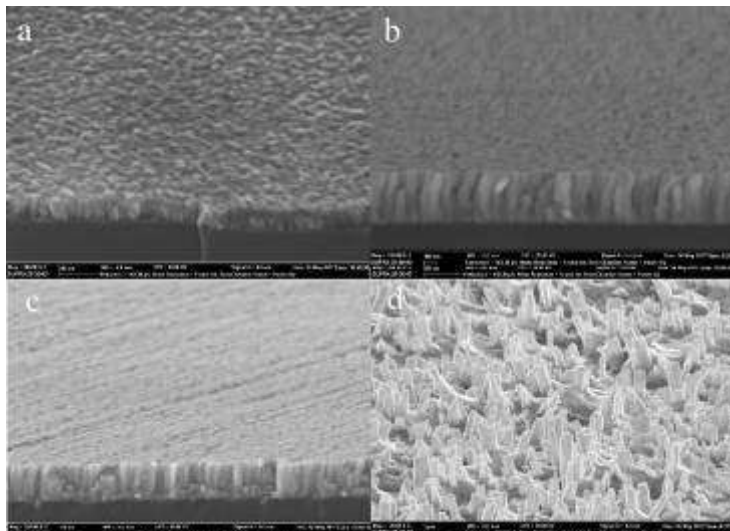


Рис. 1. Изображения поверхностей образцов при температурах 450 °С (a), 480 °С (b), 500 °С (c), 560 °С (d)

Из полученных результатов видно, что температура оказывает сильное влияние на размеры наностержней и их морфологию. При температуре от 450 °С до 500 °С длина наностержней возрастает от 90 нм до 1 мкм, скорость роста по нормали преобладает над скоростью роста вдоль поверхности, что подтверждается механизмом роста «пар-жидкость-кристалл». Зависимость длины наностержней от температуры имеет максимум при температуре $T = 500$ °С. Выше данной температуры рост стержней подавляется, что может быть объяснено десорбцией осаждаемого материала и золота с поверхности. Полученные результаты подтверждаются в литературе [4].

Вывод

Таким образом, в работе было исследовано влияние температуры на формирование наноразмерных структур ZnO и определены технологические параметры роста. Результаты работы позволяют говорить о технологии ВЧ магнетронного распыления, как о эффективном и дешёвом аналоге традиционным методам роста наноструктур.

Список литературы

1. Бураков В.С. Морфология и оптические свойства наноструктур оксида цинка, синтезированных методами термического и электроразрядного распыления [Текст] / В.С. Бураков, Н.В. Тарасенко, Е.А. Невар, М.И. Неделько // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81. - № 2 – С. 89.
2. Копач В.Р. Антиотражающие покрытия из электроосажденных массивов оксида цинка для солнечных элементов [Текст] / В.Р. Копач, Н.П. Ключко, Г.С. Хрипунов, Ю.А. Мягченко, Е.Е. Мельничук, Е.С. Клепикова, В.Н. Любов, А.В. Копач // Спец. Выпуск – 2013. – Т. 2. - № 8 (114). – С. 178.
3. Зарецкая Е.П. Структурные свойства пленок ZnO:Al, полученных золь-гель методом [Текст] / Е.П. Зарецкая, В.Ф. Гременок, А.В. Семченко, В.В. Сидский, Р.Л. Юшканес // Физика и техника полупроводников. – 2015. – Т. 49. - № 10. – С. 1297.
4. Дубровский В.Г. Теоретические основы полупроводниковой нанотехнологии [Текст] //СПб.: Изд-во СПбГУ. – 2007. – 350 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР $\text{PbSe/CaF}_2/\text{Si}(111)$ ВБЛИЗИ ПОРОГА РАСПЫЛЕНИЯ

К.Е.ГУСЕВА

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 150003, Ярославль, Россия

Аннотация. Рассматривается плазменное распыление эпитаксиальных структур $\text{PbSe/CaF}_2/\text{Si}(111)$, при котором процесс происходит в высокоплотной аргоновой плазме высокочастотного индукционного разряда низкого давления. При этом энергии ионов Ar^+ были близки к пороговой энергии распыления (20-30 эВ), а времена обработки варьировались в диапазоне 60- 240 с. В результате наблюдалось образование субмикронных полых структур Pb на поверхности пленок PbSe. Описаны свойства полученных объектов, проанализированы изменения их формы и размеров в зависимости от времени обработки и от температуры.

Ключевые слова: плазменное распыление, эпитаксиальные пленки, селенид свинца, электронная микроскопия.

На данный момент большие перспективы имеют наноструктуры на основе халькогенидов свинца PbX ($\text{X}=\text{Te}, \text{Se}, \text{S}$) Они могут применяться в устройствах альтернативной энергетики, системах оптоэлектроники и нанoeлектроники, термоэлектрики, элементах биологии и медицины и т.д. [1]. Популярными методами получения таких систем - методы плазменного наноструктурирования материалов [2-4]. Управление параметрами и формой получаемых наноструктур осуществляется с помощью изменения режимов плазменной обработки, при которых энергии бомбардирующих ионов изменяются в диапазоне 200 эВ – 150 кэВ. В настоящее время не исследованы процессы модификации поверхности PbX при ионной бомбардировке ионами малых энергий. Цель данной работы - изучение влияния ионного травления на структуру и рельеф поверхности эпитаксиальных пленок PbSe в условиях, когда энергия бомбардирующих ионов аргона близка к энергии порогового распыления PbX [5].

Исследования проводились на эпитаксиальных образцах $\text{PbSe/CaF}_2/\text{Si}(111)$, которые были подвергнуты плазменной обработке в реакторе плотной плазмы высокочастотного (ВЧ) индукционного разряда низкого давления, конструкция которого описана в [2]. Параметры эксперимента следующие: ВЧ-мощность индуктора - 800 Вт, расход Ar - 10 ст. см³/мин, рабочее давление – 0.07 Па, ВЧ-мощность смещения на электроде-подложкодержателе 0 Вт. При таком смещении энергия ионов аргона в среднем была равна ~25 эВ. Время обработки варьировалось в пределах 60-240 с. Морфология поверхности образцов исследовалась методом растровой электронной микроскопии на установке Supra 40 Carl Zeiss, а по данным, полученным в результате энергодисперсионного микроанализа на приставке INCA Energy Oxford Instruments, осуществлялось определение химического состава локальных областей.

Также был проведен дополнительный эксперимент, в котором осуществлялся отвод тепла от поверхности исследуемых структур. Для этого образцы помещались на подложкодержатель через вакуумную смазку и травление проводилось рядом последовательных шагов длительностью 60 с (всего 4 шага) с охлаждением образца до комнатной температуры.

Результаты экспериментов были следующими: скорости травления поверхности данных образцов были относительно малыми - 0,5 нм/с, что приблизительно на порядок меньше скоростей распыления таких же пленок PbSe при энергии ионов 200 эВ [6,7]; при времени обработки образца 60 с на поверхности структуры образовались выступы, которые можно разделить на две группы: мелкие наноструктуры (латеральные размеры 10-30 нм) и более крупные образования (40-50 нм); с увеличением длительности обработки данных образцов размеры выступов имели тенденцию к увеличению вплоть до 500-700 нм, а их поверхностная плотность уменьшалась; некоторые большие структуры приобретали кристаллографическую огранку в виде усеченного октаэдра; замечено наличие полостей в объеме крупных образований. На рис.1 представлено изображение, отражающее изменение морфологии поверхности образца после плазменной обработки при времени обработки 60 с, а на рис.2 – рис.4 – при обработке 2, 3 и 4 минуты, соответственно.

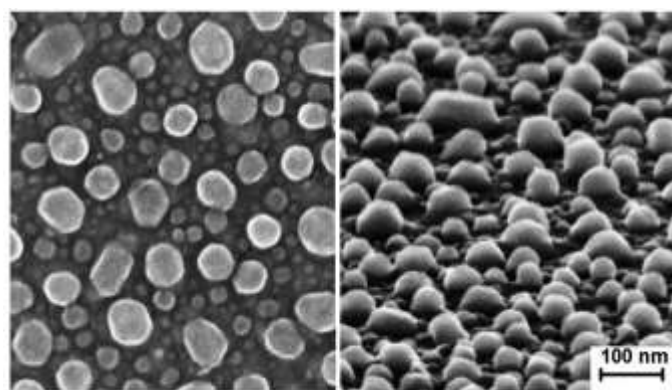


Рис. 1. Морфология поверхности пленки PbSe после плазменной обработки в течение 60 с. Съемка проведена в двух ракурсах: вид сверху (слева) и при угле наклона 70°(справа).

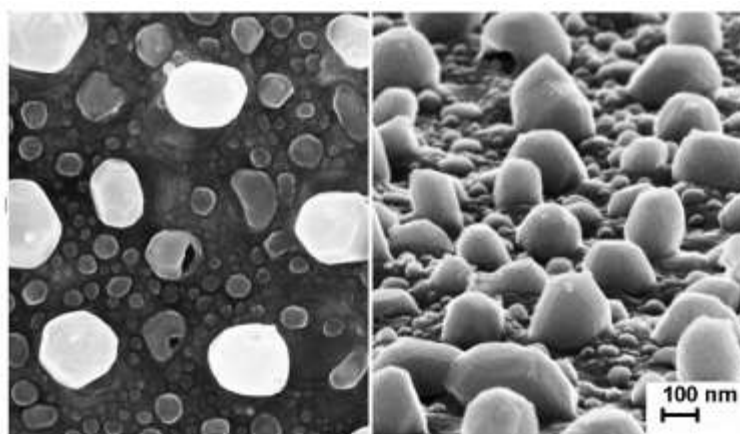


Рис. 2. Морфология поверхности пленки PbSe после плазменной обработки в течение 120 с. Описание областей как на рис.1.

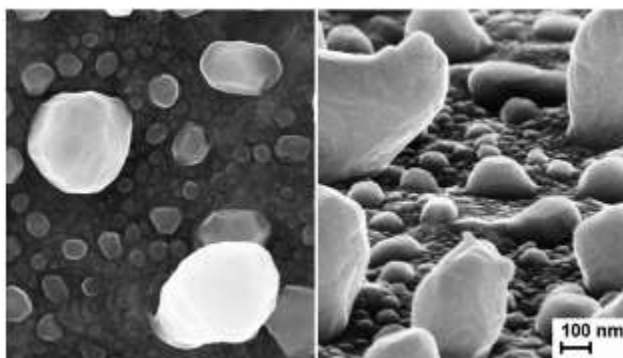


Рис. 3. Морфология поверхности пленки PbSe после плазменной обработки в течение 180 с. Описание областей как на рис.1.

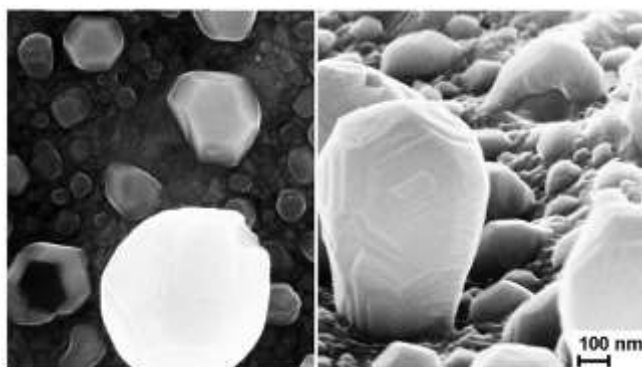


Рис. 4. Морфология поверхности пленки PbSe после плазменной обработки в течение 240 с. Описание областей как на рис.1.

На рис. 5. Приведено изображение структуры с полостью при времени обработки 4 минуты.

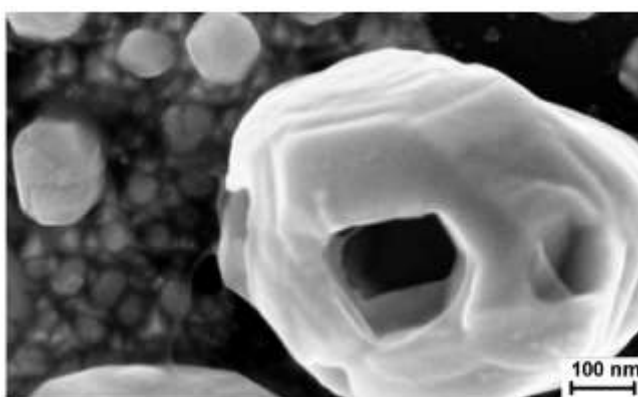


Рис. 5. Полая структура, полученная после плазменной обработки в течение 240 с.

Анализ химического состава полученных структур определил, что обработка образца в течение 60 с приводит к увеличению концентрации свинца на поверхности структуры по сравнению с ее исходным состоянием. При увеличении времени обработки содержание свинца продолжало увеличиваться и в объеме крупных частиц доходило при времени 240 с до 93-96 ат. % (49.9 ат.% исходное содержание). Таким образом, можно сделать вывод, что, полученные структуры являются полыми металлическими образованиями свинца с

малым содержанием халькогена, причем поверхность пленки имеет значительную концентрацию металла. Дополнительный эксперимент показал, что при обработке образца в режиме термостабилизации полые свинцовые образования полностью отсутствуют.

Результаты данной работы дают нам совершенно новые, неисследованные ранее технологические возможности формирования полых металлических структур при плазменной обработке. Полученные таким образом нано- и микроструктурированные интегральные системы и гетеросистемы представляют интерес для разработки и создания приборов нового поколения.

Выражаю благодарность своему научному руководителю проф. Зимину С. П. за ценные советы при проведении исследования и рекомендации по оформлению статьи, а так же Амирову И.И. и Наумову В.В. за помощь в проведении экспериментов и анализе полученных результатов. РЭМ-исследования проведены в ЦКП “Диагностика микро- и наноструктур”.

Список литературы

1. Зимин, С.П. Наноструктурированные халькогениды свинца / С.П. Зимин, Горлачев Е.С. – Ярославль: ЯрГУ, 2011 – С. 232
2. Zimin, S.P. Encyclopedia of Plasma Technology / S.P. Zimin, E.S. Gorlachev, I.I. Amirov // Edited by J. Leon Shohet -Taylor and Francis Group - N-Y.: CRC Press. - 2017. - Vol. 1. - P. 679.
3. Ostrikov K. // J. Phys. D: Appl. Phys. - 2014. - V.47. - P. 224009.
4. Gupta S., Agarwal D.C., Khan S.A., Neeleshwar S., Ojha S., Srivastava S., Tripathi A., Amirthapandian S., Panigrahi B.K., Avasthi D.K. // Materials Science and Engineering: B. - 2014. - V.184. - P.58.
5. Zimin S.P., Gorlachev E.S., Amirov I.I. // Semicond. Sci. Technol. - 2011. - V.26. - P.55018.
6. Zimin S.P., Gorlachev E.S., Amirov I.I., Zogg H., Abramof E., Rappl P.H.O. // Semicond. Sci. Technol. - 2011. - V.26. - P.105003.
7. Зимин С.П., Амиров И.И., Наумов В.В. // ФТП. - 2016. - Т.50. - С.1146.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ SILAR И ECALE ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ ОКСИДА ЦИНКА

А.И. ДАЛМАТОВА, А.А. СЕМЕНОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе проводилось формирование тонких пленок оксида цинка жидкофазными методами. Анализ полученных покрытий проводился методами атомно-силовой микроскопии и рентгено-спектрального микроанализа. Полученные пленки могут использоваться в устройствах преобразования энергии, газочувствительных системах и др.

Ключевые слова: оксид цинка ZnO, тонкие пленки, электрохимическая эпитаксия, ECALE, жидкофазное ионное наплавление, SILAR

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-20239)

Введение

В современном мире актуальна проблема рекуперации энергии. Наибольшим преимуществами среди наноразмерных устройств преобразования энергии обладают пьезоэлектрические наногенераторы (ПЭНГ), трансформирующие механическую энергию деформаций в импульсы электрического тока [1], а также солнечные преобразователи (СЭ), использующие энергию солнца, как источник [2]. Для реализации данных устройств

необходимо создание активной части, состоящей из вертикально ориентированных одномерных наноструктур. Одним из наиболее перспективных материалов для формирования активной части является оксид цинка (ZnO) – широкозонный полупроводник ($E_g = 3.36$ эВ при $T=300$ К). Оксид цинка и слои на его основе также являются перспективными системами для применения в газочувствительных устройствах [3].

Зародышевые слои

Для создания активной части прибора используются наноструктурированные покрытия, состоящие из ориентированных параллельно нагрузке наностержней оксида цинка. Такие покрытия способны улучшать характеристики приборов вследствие высокой адсорбционной способности, а также способности наностержней оксида цинка проявлять пьезоэлектрические и пирозэлектрические свойства.

Для обеспечения ориентации и улучшения адгезии наностержней к подложке наносятся зародышевые слои. Для формирования зародышевого слоя оксида цинка могут применяться как газофазные, так и жидкофазные методы. В данной работе для формирования зародышевых слоев были выбраны методы центрифугирования и жидкофазного ионного наслаивания SILAR (Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction), а также SILAR с приложением электрического поля на стадиях катионного и анионного осаждения (ECALE).

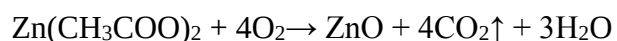
В качестве подложек в работе использовались кремниевые пластины с различной ориентацией: КДБ-1(100) 0 ± 0.5 и КЭФ- 4.5(111) 3 ± 0.5 ; полиэтилентерефталат-подложки (PET) с предварительно нанесённым слоем оксида индия-олова (ITO, 60 Ом/□).

Метод центрифугирования

Метод центрифугирования - метод нанесения тонких пленок, основанный на покрытии подложки раствором с последующим ее вращением, приводящим к испарению растворителя и образованию тонкой пленки. Данный метод позволяет контролировать условия испарения, варьируя скорость вращения.

При центрифугировании использовался спиртовой раствор ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ с концентрацией 5 мМ. При такой концентрации катионов Zn^{2+} в растворе не происходит образование низкоразмерных агрегатов. Центрифугирование проводилось в течение 60 с со скоростями 1000-5000 об/мин. Отжиг образцов на кремниевых (100)- и (111)-подложках проводился при температуре 350°C, а отжиг на полиэтилентерефталат-подложках (PET) с нанесенным слоем ITO – при 110°C. Количество циклов нанесения зародышевого слоя изменялось от 1 до 10.

Оптимальной температурой отжига образцов для образования твёрдой фазы ZnO является 350°C, при этом на поверхности подложки протекает реакция с образованием однородных кристаллитов оксида цинка:



Анализ элементного состава проводился методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) (рисунок 1).

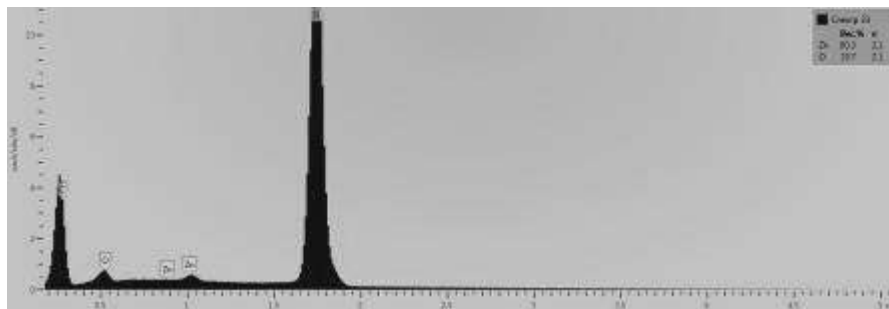


Рисунок 1 – PCMA зародышевых слоев ZnO, полученных методом центрифугирования на Si-подложках, при температуре отжига $T_{отж} = 110^\circ\text{C}$

Пик, соответствующий углероду, указывает на образование кристаллитов оксоацетата цинка при пониженных температурах отжига. Данные покрытия не могут использоваться в качестве зародышевых слоев для формирования наностержней ZnO, т.к. оксоацетат цинка не способствует росту наностержней.

Таким образом, было выявлено, что использование метода центрифугирования спиртовых растворов ацетата цинка приводит к формированию разориентированных затравочных кристаллитов, а также не подходит для использования на гибких подложках.

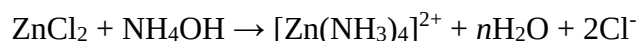
В связи с несовершенствами метода центрифугирования был исследован метод SILAR.

SILAR

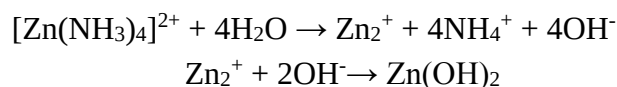
Данный метод характеризуется низкой себестоимостью технологического процесса, а также возможностью прецизионного контроля послойного осаждения соединений.

Был использован раствор, содержащий цинк-аминный комплекс $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ с концентрацией катионов цинка 0.1 М при температуре синтеза $T = 93^\circ\text{C}$, количество циклов составляло $m = 3-20$.

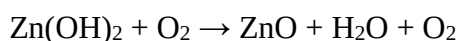
Для создания исходного раствора с цинксодержащими комплексами использовались хлорид цинка ZnCl_2 и щелочная среда:



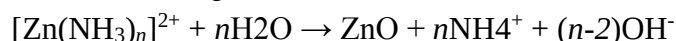
При промывке в водной среде при низкой температуре (20°C) адсорбированные комплексы $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ частично реагируют с образованием гидроксида цинка:



При повышенных температурах в воде происходит переход с образованием твердой фазы оксида цинка:



Основная реакция разложения цинк-аминных комплексов в горячей (более 90°C) водной среде может быть записана:



Анализ полученных пленок методом PCMA (рисунок 2) показал присутствие цинка и кислорода в данном покрытии.

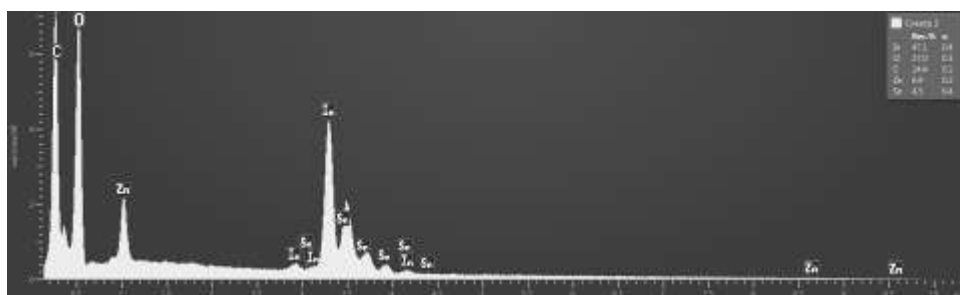


Рисунок 2 – PCMA зародышевых слоев ZnO, полученных методом SILAR на PET-подложках, при 5 циклах нанесения

Пики, соответствующие углероду, олову, индию, а также увеличенная интенсивность кислородного пика указывают на структуру подложки и нижнего электрода. Полученные данные свидетельствуют о получении поверх проводящего ITO-покрытия тонкого слоя оксида цинка.

Анализ результатов

Исследование полученных методом центрифугирования зародышевых слоев оксида цинка с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) показало, что средний размер кристаллитов на Si-подложках при $T_{отж}=350^{\circ}\text{C}$, составляет 50 нм (рисунок 3, а).

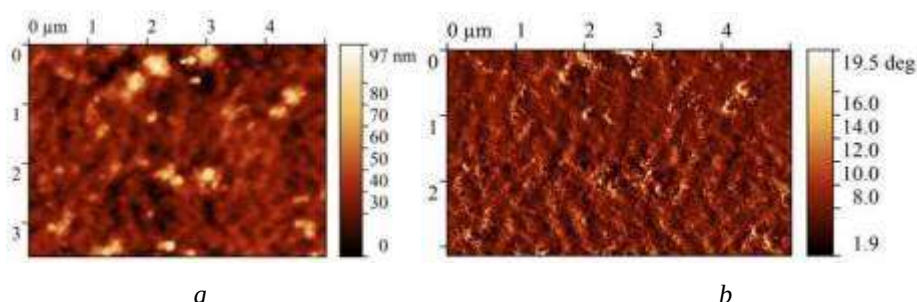


Рисунок 3 – АСМ пленки ZnO (5 слоев): а - топография, b – фазовый контраст

Также, исходя из данных, полученных в режиме регистрации фазового контраста (рисунок 3, б), можно судить об однородности состава полученного слоя.

Исследование полученных на стекле с проводящим покрытием $\text{SnO}_2:\text{F}$ SILAR-пленок ZnO методом АСМ показало, что средние размеры кристаллитов составляют около 100 нм при одном цикле нанесения (рисунок 4, а).

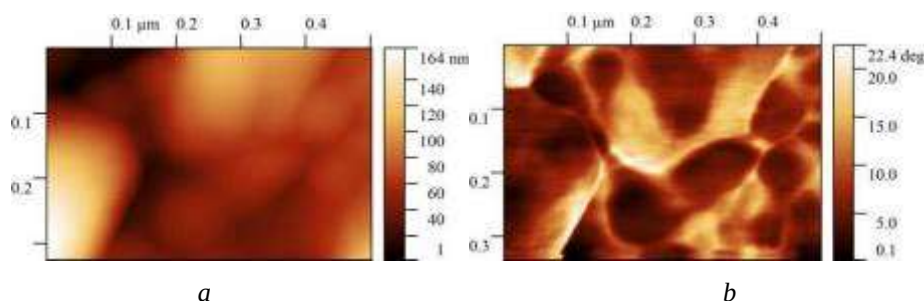


Рисунок 4 – АСМ пленки ZnO (1 слой): а - топография, b – фазовый контраст

Осаждение цинк-аминных комплексов происходит преимущественно на наиболее шероховатых участках подложки за счет увеличенного диффузионного притока прекурсоров, при этом одного технологического цикла нанесения оказывается

недостаточно для формирования сплошного покрытия подслоя $\text{SnO}_2\text{:F}$ пленкой оксида цинка. Необходимо не менее трех циклов нанесения для создания равномерного слоя ZnO на подложке.

ESCALE

Для улучшения ориентации наностержней был использован модифицированный метод SILAR с приложением электрического поля на стадиях катионного и анионного осаждения (ESCALE). При проведении ESCALE используются потенциалы дофазового осаждения, которые могут быть определены методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) – полярографическим анализом процессов, протекающих на поверхности электрода, при приложении линейно-реверсивной развертки потенциала [4].

В качестве рабочих электродов для проведения ЦВА использовались полиэтилентерефталат (PET) с нанесенными слоями оксида индия-олова (ITO) ($60 \text{ Ом}/\square$) и кремниевые Si (100) пластины. Потенциал рабочего электрода измерялся относительно Ag/AgCl электрода сравнения. Прекурсором цинка выступал водный раствор $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 0.001-0.01 М. Скорость развертки потенциала варьировалась в пределах 2 – 50 мВ/с.

По данным ЦВА установлены потенциалы фазового и дофазового осаждения катионов цинка на различных подложках относительно хлорсеребряного электрода.

Список литературы

1. Harvesting broadband kinetic impact energy from mechanical triggering/vibration and water waves / Wen X., Yang Y., Jing Q. [et al.] // ACS Nano. – 2014. – Vol. 8. - № 7. – P. 7405–7412.
2. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов // Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А. [и др.] / под ред. Виссарионова В.И. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 317 с.
3. Исследование влияния кислотно-основных свойств поверхности оксидов ZnO , Fe_2O_3 и ZnFe_2O_4 на их газочувствительность по отношению к парам этанола / Налимова С.С., Мошников В.А., Максимов А.И., Мякин С.В., Казанцева Н.Е. // ФТП. – 2013. – Т. 47. - № 8. – С. 1022–1026.
4. Нижегородова А.О. Нанокompозитные металл-полимерные материалы на основе оксидов переходных металлов и поли-3,4-этилендиокситиофена: синтез и электрохимические свойства: диссертация к.х.н. СПбГУ, Санкт-Петербург. 2016.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МЕТАМОРФНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР $\text{InAlAs}/\text{GaAs}$

Г.А. ДЕНИСОВА, Д.Д. ФИРСОВ, О.С. КОМКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе представлены результаты расшифровки спектров фотолюминесценции метаморфных гетероструктур $\text{InAlAs}/\text{GaAs}$, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Использование метаморфного буферного слоя InAlAs с изменяющимся по толщине составом позволяет обеспечить согласование параметра кристаллической решетки подложки GaAs с последующим слоем $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}$, называемым «виртуальной подложкой», на котором в свою очередь будут выращиваться необходимые активные слои. В спектрах низкотемпературной фотолюминесценции обнаружены три пика излучения, соответствующие рекомбинации носителей заряда в различных областях структуры: в области высокотемпературной части «виртуальной подложки», в области квантовой ямы, образованной монослоем InAs и в области треугольной потенциальной ямы, сформированной метаморфным буфером и слоем $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}$.

Ключевые слова: фотолюминесценция, гетероструктура, InAlAs , метаморфный буферный слой.

В настоящее время полупроводниковое соединение InAs и твёрдые растворы на его основе являются наиболее перспективными материалами для создания быстродействующих приборов (СВЧ-транзисторов) [1], а также приборов инфракрасной оптоэлектроники (фотоприёмников, работающих в средневолновом диапазоне ИК области спектра) [2]. Традиционным подходом к выращиванию таких слоёв является использование подложек InP, которые позволяют получить высокие значения подвижности электронов [3]. Однако подложки InP по сравнению с GaAs отличаются высокой стоимостью, хрупкостью и меньшим размером пластин. В связи с этим актуальной задачей остаётся выращивание и исследование метаморфных гетероструктур на подложках GaAs, характеристики которых не уступали бы характеристикам гетероструктур на подложках InP.

Целью данной работы является интерпретация полученных спектров фотолюминесценции (ФЛ), определение химического состава структуры, а также оценка влияния механических напряжений и квантово-размерных эффектов.

Было проведено исследование девяти образцов, выращенных в ФТИ им. А.Ф. Иоффе методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Большое различие постоянных кристаллической решётки подложки GaAs и «виртуальной подложки» (ВП) $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}$ не позволяет проводить непосредственное выращивание эпитаксиальных слоёв, так как релаксация упругих напряжений будет приводить к прорастанию большого количества дефектов в активный слой и к сильному ухудшению характеристик будущего прибора. Поэтому при выращивании таких структур использовался метаморфный буферный слой (МБС) – слой с изменяющимся по толщине составом, который согласует подложку с последующим слоем [4]. На рис. 1 представлена зонная структура образцов, построенная с помощью расчёта с учётом действия упругих напряжений [5].

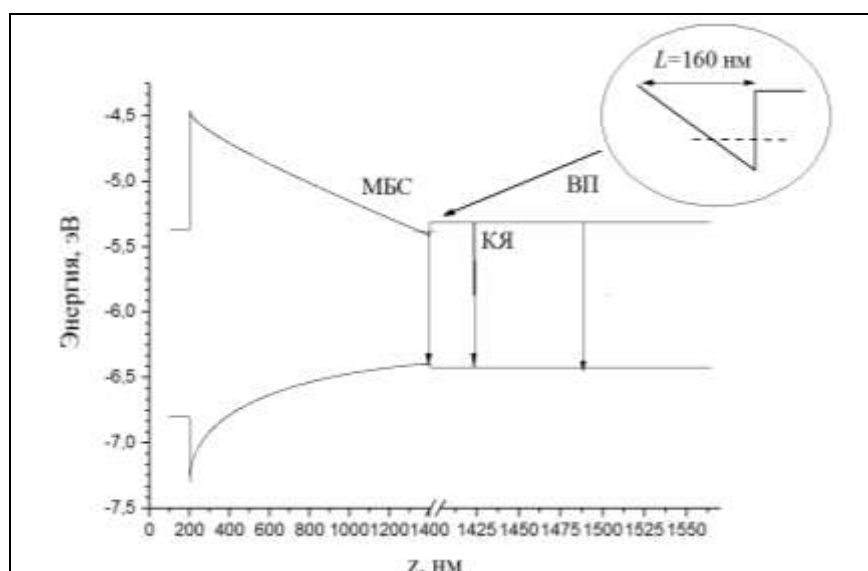


Рис. 1 Схема зонной диаграммы исследуемых метаморфных гетероструктур

Диагностика образцов проводилась методом низкотемпературной (от 10К до 80К) фотолюминесценции. Метод заключается в анализе рекомбинационного излучения полупроводниковых структур, возбуждаемого в результате облучения светом с энергией,

превышающей ширину запрещённой зоны полупроводника. Данный метод был выбран, так как он обладает высокой чувствительностью, является неразрушающим и не требующим специальной подготовки образцов к измерениям.

На рис. 2 представлен типичный спектр ФЛ при $T=10$ К и 80 К одного из измеренных образцов. Как видно, было обнаружено три характерных для всех образцов пика, соответствующие рекомбинации носителей заряда в различных областях структуры.

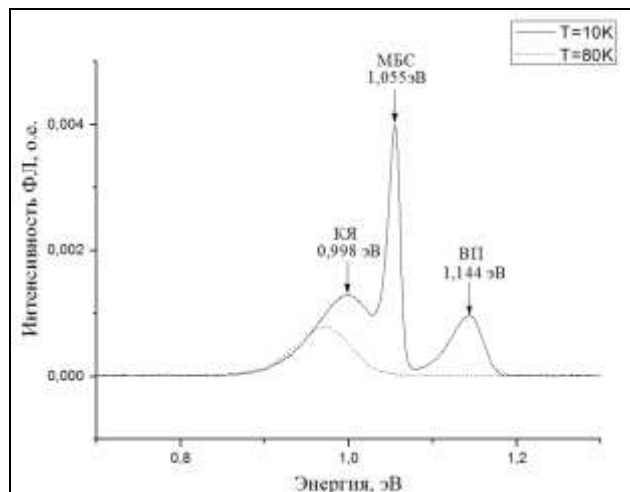


Рис. 2 Типичный спектр низкотемпературной фотолюминесценции с указанием энергий переходов и возможных областей гетероструктуры $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}/\text{In}_{0.05-0.8}\text{Al}_{0.95-0.2}\text{As}/\text{GaAs}$, в которых происходит рекомбинация носителей заряда

Пик с энергией 1,055 эВ связан с областью треугольной потенциальной ямы, образованной метаморфным буфером и слоем «виртуальной подложки» $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}$. Энергия перехода близка к расчётному значению 1,026 эВ. Сдвиг в сторону больших энергий по сравнению с расчётами может быть связан с квантованием носителей заряда в треугольной потенциальной яме шириной $L=160$ нм (см. вставку на рис.1). Кроме этого, под действием неучтённых остаточных сжимающих упругих напряжений увеличивается ширина запрещённой зоны верхней части МБС. Данный вопрос более подробно рассмотрен в работе [6].

Пик КЯ связан с рекомбинацией носителей заряда в области квантовой ямы, образованной монослоем InAs , на котором осуществлялось увеличение температуры при эпитаксии. Для образца, у которого не было этого монослоя, пик КЯ не наблюдается. Интенсивность данного пика меняется в зависимости от температуры роста верхнего слоя $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}$: при большей температуре роста наблюдается более интенсивный пик, то есть растёт более совершенный кристалл, формирующий правый барьер КЯ.

Пик ВП соответствует области высокотемпературной части «виртуальной подложки» и отвечает энергии 1,144 эВ при расчётном значении 1,099 эВ. В образце, где данный слой отсутствует, пик ВП не наблюдался. Также обнаружилось, что пик зависит от толщины слоя: в образце с более толстым слоем 1040 нм пик оказался интенсивнее в 4,5 раза, чем в образцах с толщиной этого слоя, равной 140 нм.

На рис. 2 видно, что при увеличении температуры сигнал ФЛ от КЯ смещается в сторону меньших энергий в соответствии с температурной зависимостью ширины запрещённой зоны. При $T=80$ К в спектрах исчезают пики от «виртуальной подложки» и от метаморфного буферного слоя, а интенсивность пика от квантовой ямы уменьшается. Видимо носители заряда при этой температуре успевают продиффундировать в самую

узкозонную часть структуры – квантовую яму, образованную монослоем InAs, и рекомбинация носителей заряда происходит только в этой области.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы был произведён анализ спектров фотолюминесценции исследуемых структур, который показал три типичные для всех образцов пика излучения. Были определены возможные области гетероструктуры, в которых происходит рекомбинация носителей заряда: КЯ, МБС и ВП. Также была произведена оценка уровней размерного квантования в данной структуре. Положения наблюдаемых пиков близки к рассчитанным значениям переходов с учётом влияния сжимающих механических напряжений. Это говорит о том, что состав твёрдых растворов, формирующих структуру, достаточно точно соответствует заявленной спецификации.

Авторы выражают глубокую благодарность Иванову С.В., Соловьёву В.А. и Чернову М.Ю. за предоставленные образцы.

Список литературы

1. Ю.В. Фёдоров, М.Ю. Щербакова, Д.Л. Гнатюк, Н.Г. Яременко, В.А. Страхов. НЕМТ на гетероструктурах $\text{In}_{0,52}\text{Al}_{0,48}\text{As}/\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}/\text{In}_{0,52}\text{Al}_{0,48}\text{As}/\text{InP}$ с предельной частотой усиления по мощности до 323 ГГц-2010. – Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 1 – С.191-197.
2. Фотоэлектрические характеристики структур с квантовыми ямами, чувствительных в диапазоне 3-5 мкм, выращенных методом МОС-гидридной эпитаксии. Удкин И.В., Булаев П.В., Василевская Л.М., Залевский И.Д., Кузнецов Ю.А., Куликов В.Б., Мармалюк А.А., Никитин Д.Б., Падалица А.А., Петровский А.В., Хатунцев А.И. – 2002. – XVII Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и ПНВ. Москва – С.24.
3. Comparative investigation of InP/InGaAs heterostructure-emitter tunneling and superlattice bipolar transistors. Jung-Hui Tsai, Ching-Sung Lee, Chung-Cheng Chiang, Yi-Ting Chao-2014. – Физика и техника полупроводников, 2014, том 48, вып. 6. – P.833-838.
4. Radiative versus non-radiative recombination in high-efficiency mid-IR InSb/InAs/In(Ga,Al)As/GaAs metamorphic nanoheterostructures. O S Komkov, D D Firsov, M Yu Chernov, V A Solov'ev, A A Sitnikova, P S Kop'ev and S V Ivanov – 2018. – J. Phys. D: Appl. Phys. – P.51.
5. Heterojunction band offsets and effective masses in III-V quaternary alloys 2. – 1991 – Semicond. Sci. Technol. 6 – P.27-31.
6. Enhanced room-temperature 3.5 μm photoluminescence in stress-balanced metamorphic In(Sb,As)/In(Ga,Al)As/GaAs quantum wells. M. Yu. Chernov, V. A. Solov'ev, O. S. Komkov, D. D. Firsov, B. Ya. Meltser, M. A. Yagovkina, M. V. Baidakova, P. S. Kop'ev, and S. V. Ivanov – 2017. – Applied Physics Express 10, 121201.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНДЕРОМОТОРНЫХ СИЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЛОСКИХ ОБЪЕКТОВ

Н.С. ПЩЕЛКО, А.С. ДУБОНОС, И.О. ИЗИБАЕВ

Военная академия связи им. С.М. Буденного

Аннотация. В работе рассмотрены некоторые прикладные возможности использования силового действия электрического поля для временного (управляемого) закрепления плоских материалов. Предложено крепежное устройство, используемое в качестве доски объявлений. Принцип ее работы основан на использовании пондеромоторных сил электрического поля, создаваемого между бумагой и внутренними электродами доски. При этом используется совместное действие неоднородности электрического поля и кулоновское взаимодействие бумаги с внутренним электродом доски. Также предложена конструкция электростатического пинцета, позволяющая манипулировать плоскими небольшими деталями. Важно, что эти детали могут из немагнитных материалов.

Ключевые слова: электрическое поле, электроадгезия, крепежные устройства, электрет.

Использование силового (пондеромоторного) действия электрического поля позволяет значительно повышать адгезию проводящих покрытий в процессе их нанесения на диэлектрические подложки [1], осуществлять постоянное [2, 3] и временное [4] соединение деталей. Пондеромоторное действие электрического поля применяется в различных фильтрах, сепараторах [5] и находит другие применения.

В настоящей работе представлены некоторые практические разработки для временного (управляемого) закрепления плоских деталей с помощью электрического поля.

Первая разработка представляет собой крепежное устройство, используемое, в основном, в качестве доски объявлений и для демонстрации другого иллюстративного материала, рис. 1. Данная разработка является инновационной, т.к. подобного рода доски объявлений промышленно не выпускаются. Изготовление ЭДО связано с использованием нанотехнологий.



Рис. 1. Внешний вид ЭДО хорошо вписывается как в домашний, так и в офисный интерьер

Основные достоинства предлагаемого технического решения:

1. ЭДО позволяет легко закреплять и перемещать на ней представленные на бумаге и картоне объекты (объявления) – для их закрепления и снятия не нужно использовать скрепки, кнопки, клеящую ленту, магниты и т.п. Достаточно просто приложить лист бумаги к доске и нажать кнопку, после чего он закрепляется на доске.

2. После использования объявления не портятся – снимаются они так же легко как и закрепляются, никаких следов на них не остается, и они могут использоваться в дальнейшем.

3. ЭДО может быть изготовлена относительно тонкой и легкой, ей можно придать необходимую расцветку, форму и т.п.

4. Поскольку энергопотребление при работе ЭДО минимально, она может работать от батареек (по расчетам до 10-ти лет при благоприятных условиях) или питаться от миниатюрной солнечной батареи, для функционирования которой достаточно комнатного освещения.

5. На поверхности ЭДО вместо листа бумаги может быть закреплена прозрачная пленка (снимается так же легко, как и лист бумаги), на которой можно писать фломастером и стирать записи как на обычной доске. Поэтому ЭДО позволяет в процессе писания на ней удобно иллюстрировать записи заготовленными на бумаге рисунками. Как традиционные старые доски для писания мелом или фломастером, так и современные

мультимедийные интерактивные доски не позволяют ОДНОВРЕМЕННО эффективно использовать написание и иллюстрирование.

Коротко рассмотрим основные принципы работы и эксплуатации ЭДО.

Принцип работы ЭДО основан на использовании пондеромоторных сил электрического поля, создаваемого между бумагой и внутренним электродом доски.

Снаружи поля нет, поэтому нанести вред пользователю или, например, его мобильному телефону при правильной эксплуатации ЭДО не может. Электрические токи и мощности в ЭДО также ограничены до безопасных для человека значений.



Рис.2. ЭДО надежно удерживает картонные объявления, в том числе, неровные и утяжеленные детскими поделками из пластилина

Кнопка на раме ЭДО используется при закреплении объявления: объявление нужно расположить в нужном месте на ЭДО и, удерживая его ладонью одной руки, второй рукой на 2-3 секунды нажать кнопку. Использование кнопки не является обязательным, она лишь позволяет быстрее и надежнее произвести закрепление. ЭДО может быть выполнена в различных конструктивных вариантах и размерах в зависимости от необходимого усилия закрепления и назначения, рис. 2.

Разработанная ЭДО необходима во многих ситуациях, где требуется оперативная смена информации в виде объявлений (школы, ВУЗы, стендовые доклады на конференциях, вывешивание и смена информации на выставках, оставление «записок» членами семьи друг другу и др.)

Другим примером возможных вариантов использования силового (пондеромоторного) действия электрического поля в конденсаторной структуре является электростатический пинцет, рис. 3.

Данное устройство позволяет манипулировать (захватывать и перемещать в новое положение) плоскими, тонкими, легкими (обычно не более нескольких грамм) объектами, в том числе, из немагнитных материалов. Примером таких объектов могут быть полупроводниковые чипы – пластинки кремния размером примерно 5х5х0,1 мм. Для их транспортировки обычно используют липкие ленты и вакуумные присосы, т.к захватить их обычным механическим пинцетом невозможно из-за их малой толщины и хрупкости. Оба эти варианта приводят к большому проценту брака и загрязнению, недопустимому в микроэлектронном производстве. Использование электростатического пинцета позволяет избежать этого.

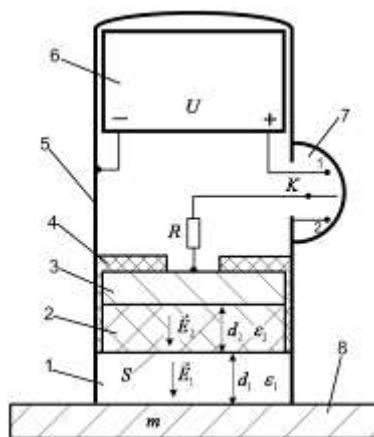


Рис.1. Схематическое (не в масштабе) изображение электростатического пинцета.

1 – воздушный зазор толщиной d_1 с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_1 \approx 1$ и напряженностью электрического поля E_1 в нем; 2 – диэлектрическое защитное покрытие толщиной d_2 с диэлектрической проницаемостью ε_2 и напряженностью электрического поля E_2 в нем; 3 – электрод с «тянущей» площадью S ; изолятор; 5 – металлический корпус – трубка; 6 – малогабаритный высоковольтный источник питания напряжением U (конденсатор большой емкости, имеющий малые токи утечки); 7 – переключатель K режимов работы; 8 – поднимаемая электропроводящая (полупроводящая) плоская деталь массой m ; $R \approx 1 \text{ М}\Omega$ – высокоомный резистор, предназначенный для ограничения тока до безопасных значений (в положении 1 ключа K), а также для ограничения тока разрядки (в положении 2 ключа K).

При касании детали 8, которую надо переместить, внешней частью пинцета 5, при ключе 7, включенном в положение 1, фактически эта деталь совместно с «тянущим» электродом 3 образует плоский двухслойный конденсатор: один слой – воздушный зазор 1, а второй – последовательно соединенный слой 2 из защитного диэлектрика. Этот диэлектрик может быть дополнительно заранее электризован, т.е. можно использовать электрет для усиления электроадгезионного эффекта. На деталь 8 будет действовать электростатическая сила, величина которой определяется напряженностью поля E_1 , рис.3. Если эта сила превышает силу тяжести, действующую на деталь, то деталь может быть перенесена в нужное положение (например, на следующую технологическую операцию). Чтобы отсоединить деталь, необходимо разрядить образовавшийся конденсатор, для чего ключ 7 надо перевести в положение 2.

Список литературы

1. Пщелко Н.С. Использование электрического поля для повышения адгезии электропроводящих пленок к диэлектрическим подложкам при вакуумном нанесении // Вакуумная техника и технология. 2010 г. №1. С. 31-36.
2. Pshchelko N. S., Sevryugina M.P. Modeling of physical and chemical processes of anodic bonding technology // Advanced Materials Research, Vol. 1040, 2014, p 513-518
3. Pshchelko N.S., Tomaev V. V. Polarization of Surface Layers of Ionic Dielectrics at the Interface Between the Electrodeposited Contact and a Dielectric // Glass Physics and Chemistry. Vol. 42 No.1. 2016 . P.105 -109.
4. Горбач Н.С., Пщелко Н.С., Водкайло Е.Г. Электростатическая доска объявлений. Современные образовательные технологии в преподавании естественно-научных и гуманитарных дисциплин: Сборник научных трудов IV Международной научно-методической конференции 11-12 апреля 2017 г. / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2017. 1142 с. С.1002-1007
5. Патент на изобретение РФ № 2626862. Способ сепарации частиц измельченной пробы горной породы и поляризационный сепаратор для его осуществления / Сенчина Н.П., Миллер А.А., Пщелко Н.С., Водкайло Е.Г. Дата подачи заявки: 06.11.2015. Опубликовано: 02.08.2017 Бюл. № 22.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТОВ

А.М. ЕРШОВА¹, М.К. ОВЕЗОВ², А.Н. АЛЕШИН²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Аннотация. Исследованы электрические свойства образцов на основе растворимых металлоорганических перовскитов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Получены температурные зависимости удельного сопротивления в интервале 280 - 100 К, по которым была определена температура фазового перехода для каждого из образцов. Рассчитана энергия активации носителей заряда пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ в тетрагональной и в орторомбической структуре. Получены пленки и проведено сравнение вольтамперных характеристик в интервале температур 280–180 К для двух материалов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ соответственно.

Ключевые слова: металлоорганические перовскиты, проводимость, температурная зависимость, фазовые переходы

В последние годы материалы на основе металлоорганических перовскитов вызывают большой интерес из-за перспектив их использования в качестве активных слоев высокоэффективных солнечных элементов [1, 2, 3]. Основным преимуществом устройств, основанных на пленках металлоорганических перовскитов, является относительная легкость их изготовления в виде тонкой пленки при достаточно низких температурах и перестраиваемые оптоэлектронные свойства. Химический состав структуры перовскита, способный комбинировать с другими органическими и неорганическими субэлементами, делает его полезным компонентом для эффективного и экономически выгодного подхода получения солнечной энергии [4].

Целью работы является получение и исследование электрических свойств металлоорганических перовскитов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$.

Перовскитовые материалы на основе MAPbX_3 ($\text{MA} = \text{CH}_3\text{NH}_3^+$, $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) имеют температурно-зависимую кристаллическую структуру, в которой с понижением температуры происходит ряд структурных фазовых переходов: от кубической $\rightarrow$ к тетрагональной $\rightarrow$ и к орторомбической решетке [5], рис. 1.

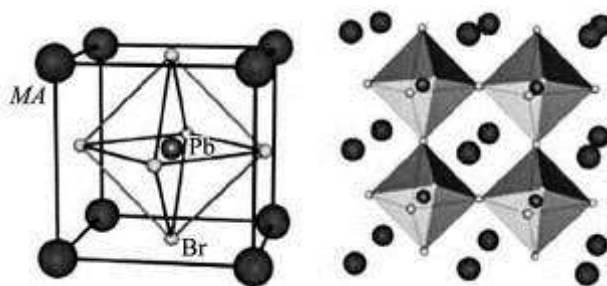


Рис. 1. Структура кристаллической ячейки металлоорганических перовскитов.

В нашей работе были получены температурные зависимости удельного сопротивления, из которых была найдена энергия активации носителей заряда и определена температура фазового перехода из тетрагональной в орторомбическую структуру для двух материалов. Температурные зависимости представлены на рис.2. Из

приведенных графиков видно, что интервал температур такого перехода варьируется от 140 – 200 К. Для образца $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ составила $T = 142$ К, а для $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ – $T = 200$ К. Кроме того, энергия активации в двух структурах отличается примерно в 2 раза. Для $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ энергия активации в тетрагональной структуре составила $\Delta E_a \sim 121$ эВ, а в орторомбической – $\Delta E_a \sim 54$ эВ, и соответственно, для $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ составила $\Delta E_a \sim 430$ эВ в тетрагональной и $\Delta E_a \sim 189$ эВ в орторомбической. Сравнивая два образца, можно сказать, что энергия активации пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ меньше, чем у $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Из этого следует, что концентрация электрически активных примесей в этом материале выше, следовательно, транспорт носителей заряда более ярко выражен, что возможно связано с меньшей способностью к окислению пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ по сравнению с $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$.

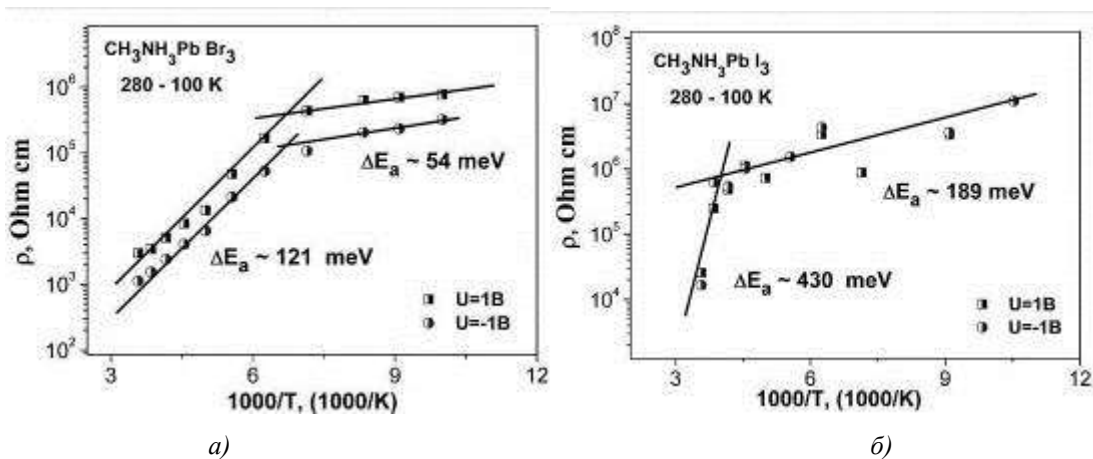


Рис. 2. Температурная зависимость удельного сопротивления для материалов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ (а) и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (б).

На рис.3 показаны вольтамперные характеристики, снятые в интервале температур 180 – 280 К для двух образцов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ (рис. 2а) и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (рис. 2б) соответственно. Исходя из рис.3 можно сказать, что пленки $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ имеют большую проводимость по сравнению с $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$.

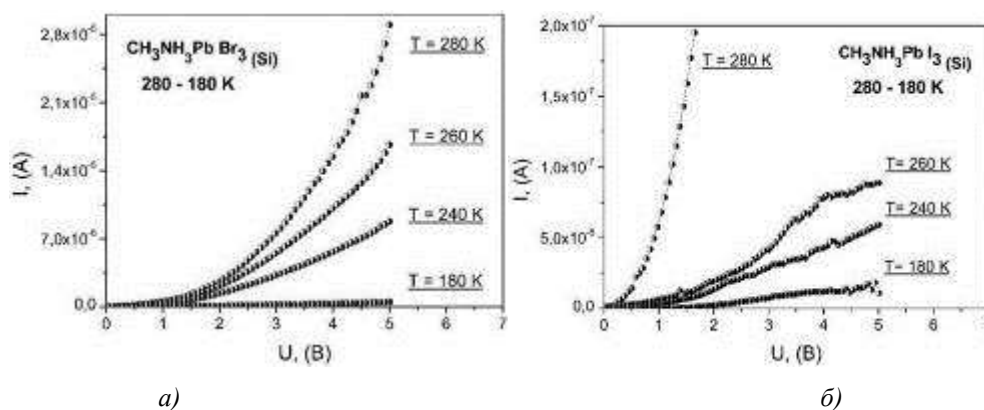


Рис. 3. ВАХ в интервале температур 280-180 К для материалов $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ (а) и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (б).

В результате работы были исследованы электрические свойства образцов металлоорганических перовскитов. Было установлено, что изменение температуры в интервале 280 – 100 К влияет на электрическую проводимость материала, в частности, приводит к изменению энергии активации температурной зависимости удельного

сопротивления примерно в 2 раза, что связано с переходом кристаллической решетки из тетрагональной в орторомбическую структуру.

Список литературы

1. National Renewable Energy Laboratory, Best Research Cell Efficiencies, www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg; accessed: June 2016.
2. N.J. Jeon, J.H. Noh, W.S. Yang, Y.C. Kim, S. Ryu, J. Seo, S.I. Seok. Nature 517, 476 (2015).
3. А.Н. Алешин, И.П. Щербаков, И.Н. Трапезникова, В.Н. Петров. Физика твердого тела, 2017, том 59, вып. 12
4. Gailan A. Al-Dainy, Shawn E. Bourdo, Viney Saini, Brian C. Berry, Alexandru S. Biris. Energy Technol. 2017, 5, 373 – 401
5. HyunSukJung, Nam-Gyu Park. Small 2015, 11, No. 1, 10–25

ФОТОАКТИВАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ГИБРИДНЫХ СТРУКТУР С ГРАФЕНОМ

И. А. РЕЗНИК, П. О. ИЛЬИН

Университет ИТМО

Аннотация. В работе представлены результаты исследования фотофизических и фотоэлектрических свойств гибридных структур на основе монослоя полупроводниковых квантовых точек CdSe/ZnS и графеновых нанолент в зависимости от дозы внешнего фотооблучения.

Ключевые слова: квантовые точки, гибридные наноструктуры, графен, фотовольтаика

Разработка многокомпонентных структур на основе различных наночастиц является одним из перспективных направлений создания новых материалов для микроэлектроники, сенсорики и фотовольтаики [1]. Перспективность данного направления обусловлена возможностью получить синергетический эффект в результате комбинирования уникальных свойств различных наноструктурированных материалов. Гибридные структуры на основе полупроводниковых коллоидных нанокристаллов и наноструктурированного углерода (КТ/Графен) характеризуются высоким коэффициентом поглощения и высокой мобильностью носителей зарядов, что может обеспечить крайне высокий коэффициент усиления сигнала в фототранзисторе (до 10⁸) [2]. Появление фотопроводимости в структурах КТ/Графен обусловлено последовательным поглощением кванта света КТ и фотоиндуцированным переносом дырки от КТ к графену [3].

Гибридные структуры КТ/Графен, как и любые другие структуры на основе КТ, можно отнести к так называемым «фотоактивируемым» системам, т.е. к системам, функциональность которых непосредственно связана с формированием экситона в КТ в результате поглощения ими кванта света. Это означает, что создание таких структур с выдающимися функциональными свойствами невозможно без полного понимания закономерностей взаимодействия электронной подсистемы КТ с внешним фотовозбуждением. Ранее [4] нами было показано, что в многослойных структурах КТ/Графен изменение квантового выхода люминесценции КТ под действием внешнего излучения сопровождается симбатным изменением их фотопроводимости.

Наблюдаемые изменения квантового выхода люминесценции КТ под действием внешнего облучения хорошо известны и связаны с процессами фотоиндуцированного изменения поверхности КТ [5]. Фотоиндуцированное изменение люминесцентных свойств

КТ обусловлено переносом электрона и/или дырки от КТ на поверхностные дефектные состояния (trap states) КТ или на ближайшие молекулы воды и/или кислорода [6,7]. Данные процессы могут приводить к увеличению/уменьшению квантового выхода люминесценции КТ, а также сопровождаться уменьшением размера ядра КТ и/или уменьшением толщины полупроводниковой оболочки в случае КТ типа ядро/оболочка. Результат взаимодействия внешнего излучения с КТ зависит от их ближайшего окружения КТ, от качества их поверхности (количества поверхностных дефектных состояний) и дозы поглощенного нанокристаллами излучения.

Обнаруженная нами [4] корреляция между эффективностью излучательной релаксации возбуждения в КТ и скоростью переноса дырки от КТ к графену открывает возможности фотоиндуцированного изменения фотоэлектрических свойств структур. Очевидно, что для эффективного использования данного эффекта необходимо выявить закономерности фотоиндуцированного изменения фотофизических свойств гибридных структур от архитектуры последних, в частности, от числа слоев КТ в структурах. В связи с этим целью данного этапа работы является установление зависимостей люминесцентных и фотоэлектрических свойств гибридной структуры КТ/Графен, содержащей монослой КТ от дозы внешнего облучения.

В работе сформированы два типа образцов: монослой КТ на диэлектрической подложке и монослой графена и КТ на диэлектрической подложке с титановыми контактами. Для формирования монослоев КТ были использованы коллоидные CdSe/ZnS квантовые точки первого типа с диаметром ядра 5.5 нм, синтезированные методом высокотемпературного органо-металлического впрыска [8]. В процессе синтеза поверхность КТ была стабилизирована молекулами олеиновой кислоты, которая позволяет получать устойчивые коллоидные растворы данного типа КТ в гидрофобных растворителях (гексане, хлороформе и т.п.). Спектры поглощения и люминесценции КТ, использованных в работе, приведены на рисунке 1.а. Видно, что ансамбль КТ характеризуется узкой симметричной полосой экситонной люминесценции. Монослой графена были сформированы на основе графеновых нанолент производства Nacional de Grafite (Бразилия). Согласно данным электронной микроскопии, представленным на рисунке 1.б, размеры графеновых нанолент составляют: длина 20-50 мкм, ширина 1-5 мкм, толщина ~ 10 нм. Монослой КТ и графена были сформированы по технологии Ленгмюра-Блоджетт на установке KSV NIMA (Финляндия) [9]

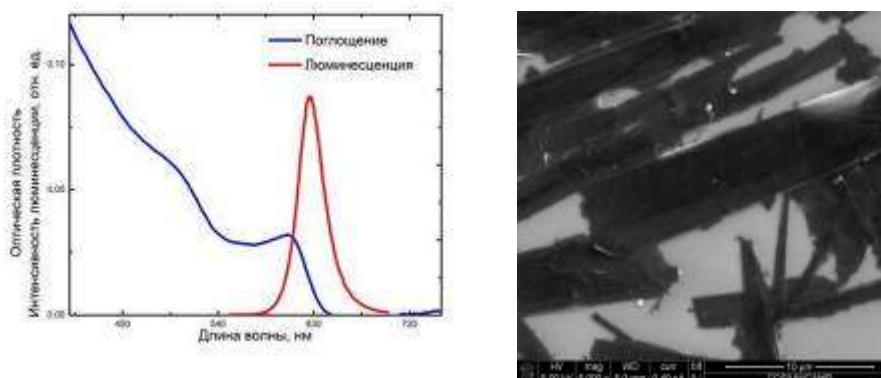


Рис. 1. а) оптические свойства полупроводниковых квантовых точек CdSe/ZnS использованных в работе. б) изображения графеновых нанолент использованных в работе со сканирующего электронного микроскопа

Полученные образцы были подвергнуты облучению лазером с длиной волны излучения 405 нм, и мощностью 9 мВт. Во время фотооблучения с образцов регистрировались данные о кинетике затухания люминесценции КТ, при помощи флуоресцентного микроскопа MicroTime 100 (PicoQuant). Фотоэлектрические свойства гибридных структур КТ/Графен, а именно скорость нарастания и амплитуда фототока исследовались с использованием программно аппаратного комплекса на основе пикоамперметра Keithley 2636В.

На рисунке 2 приведена зависимость фототока в гибридных структурах КТ/графен от условий внешнего освещения.

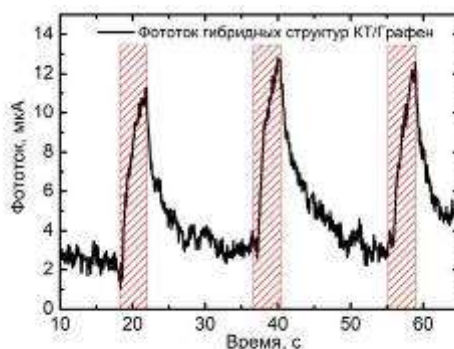


Рисунок 2. Фотоотклик гибридных структур КТ/Графен. Заштрихованные области соответствуют периодам освещения образца лазером с длиной волны 405 нм

Анализ фотоэлектрических свойств образцов гибридных структур КТ/Графен показал, что освещение образцов лазером с длиной волны генерации 405 нм приводит к появлению фототока в образцах, что свидетельствует об эффективном фотоиндуцированном переносе дырки от КТ к графену. Скорость нарастания тока на начальном участке составила 4 ± 0.5 мкА/с.

Далее образцы монослоев КТ и структур КТ/графен подвергались облучению светом полупроводникового лазера с длиной волны 405 нм. Суммарная доза облучения составила 16 Дж. Облучение образцов проводилось в несколько этапов, после каждого этапа исследовались кинетика люминесценции образцов и их фотоэлектрические свойства. Было установлено, что в отличие от многослойных структур КТ/Графен, содержащих несколько слоев КТ [3], исследуемые в работе структуры КТ/Графен, содержащие монослой КТ, проявляют стабильность люминесцентных и фотоэлектрических свойств. В результате облучения образцов гибридных структур КТ/Графен и монослоев КТ лазером с длиной волны 405 нм (доза 16 Дж) было установлено, что скорость процессов фотодегradации КТ в присутствии графена существенно ниже, чем у монослоя КТ, нанесенного на диэлектрическую подложку. Анализ люминесцентных свойств образцов показал, что квантовый выход люминесценции монослоя КТ уменьшился на 37.7% после дозы облучения 16 Дж, тогда как у монослоя КТ в составе гибридных структур КТ/Графен он уменьшился только на 3.3 %. При этом каких либо изменений в скорости нарастания и амплитуды фототока зарегистрировано не было. Такое поведение можно объяснить высокоэффективными процессами переноса энергии и заряда от КТ к графену, успешно конкурирующими с процессами фотоокисления в КТ, что в свою очередь сводит к нулю влияние эффекта фотоактивации на фотофизические и фотоэлектрические свойства монослоя КТ в составе гибридных структур с графеном.

Таким образом, полученные в работе данные о люминесцентных и фотоэлектрических свойствах гибридных структур КТ/Графен, содержащих один монослой КТ, свидетельствуют о том, что в структурах реализован эффективный перенос заряда и энергии от КТ к графену. Установлено, что наличие эффективных каналов релаксации электронного возбуждения в КТ, обусловленных их взаимодействием с графеном, приводит к существенному снижению скорости фотоокисления поверхности КТ и позволяет значительно увеличить стабильность фотоэлектрических характеристик гибридных структур КТ/Графен, содержащих монослой КТ, по сравнению с аналогичными многослойными структурами.

Список литературы

1. Van Pham, C., Madsuha, A. F., Nguyen, T. V., & Krueger, M. "Graphene-quantum dot hybrid materials on the road to optoelectronic applications." *Synthetic Metals* 219 (2016): 33-43.
2. Konstantatos, Gerasimos, and Edward H. Sargent. "Colloidal quantum dot optoelectronics and photovoltaics", Cambridge University Press, (2013).
3. Gromova, Y., Alaferdov, A., Rackauskas, S., Ermakov, V., Orlova, A., Maslov, V & Fedorov, A.V. "Photoinduced electrical response in quantum dots/graphene hybrid structure." *Journal of Applied Physics* 118.10 (2015): 104305.
4. Carrillo-Carrión, C., Cárdenas, S., Simonet, B. M., & Valcárcel, M. Quantum dots luminescence enhancement due to illumination with UV/Vis light // *Chemical Communications*. – 2009. – №. 35. – С. 5214-5226.
5. Gaponik, N., Talapin, D. V., Rogach, A. L., Hoppe, K., Shevchenko, E. V., Kornowski, A. & Weller. H. "Thiol-capping of CdTe nanocrystals: an alternative to organometallic synthetic routes." *The Journal of Physical Chemistry B* 106.29 (2002): 7177-7185.
6. Jones, M., Nedeljkovic, J., Ellingson, R. J., Nozik, A. J., & Rumbles, G. "Photoenhancement of luminescence in colloidal CdSe quantum dot solutions." *The Journal of Physical Chemistry B* 107.41 (2003): 11346-11352.
7. Reznik, I. A., Gromova, Y. A., Zlatov, A. S., Baranov, M. A., Orlova, A. O., Moshkalev, S. A. & Fedorov, A. V. "Hybrid structures based on quantum dots and graphene nanobelts." *Optics and Spectroscopy* 122.1 (2017): 114-119.
8. Reznik, I. A., Gromova, Y. A., Zlatov, A. S., Baranov, M. A., Orlova, A. O., Moshkalev, S. A. & Fedorov, A. V. "Influence of the QD luminescence quantum yield on photocurrent in QD/graphene hybrid structures." *Nanophotonics* VI. Vol. 9884. International Society for Optics and Photonics, 2016.
9. Algar, W. R., Wegner, D., Huston, A. L., Blanco-Canosa, J. B., Stewart, M. H., Armstrong, A., ... & Medintz, I. L. "Quantum dots as simultaneous acceptors and donors in time-gated forster resonance energy transfer relays: characterization and biosensing." *Journal of the American Chemical Society* 134.3 (2012): 1876-1891.
10. Reiss, Peter, Joël Bleuse, and Adam Pron. "Highly luminescent CdSe/ZnSe core/shell nanocrystals of low size dispersion." *Nano letters* 2.7 (2002): 781-784.
11. Justo, Y., Moreels, I., Lambert, K., & Hens, Z. Langmuir–Blodgett monolayers of colloidal lead chalcogenide quantum dots: morphology and photoluminescence // *Nanotechnology*. – 2010. – Т. 21. – №. 29. – С. 295606.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ИК ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Е. Н. МУРАТОВА¹, М. А. КАНАЕВ¹, К. В. ЧЕРНЯКОВА², И. А. ВРУБЛЕВСКИЙ²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радио-
электроники»

Аннотация. В работе представлены результаты исследований оптических свойств поликристаллического анодного оксида алюминия.

Ключевые слова: анодный оксид алюминия, спектр пропускания

Исследование свойств оптических неоднородных наноструктурированных сред представляет собой важную задачу для физики твердого тела. Оптические свойства таких материалов могут значительно отличаться от свойств объемных материалов. Среди таких материалов особое место занимают оптически прозрачные пористые диэлектрики, структура которых образована за счет удаления части материалов. Простота получения таких материалов и возможность контроля и управления свойствами за счет условий формирования открывает таким материалам большие перспективы для использования в оптике.

В настоящее время имеется большой интерес к получению и свойствам оптических материалов, которые имеют высокую прозрачность в ИК области спектра и высокую механическую прочность [1]. Значительным преимуществом среди таких оптических материалов обладает прозрачная керамика из оксида алюминия. Это связано с высокими физико-механическими и электрофизическими свойствами, высокой химической устойчивостью такой керамики. Основными областями применения прозрачной алюмооксидной керамики являются авиационная и космическая техника, твердотельные лазеры и оптические приборы.

В данной работе представлены результаты исследований оптических свойств поликристаллического анодного оксида алюминия. Для изготовления мембран анодного оксида алюминия использовалась алюминиевая фольга толщиной 100 мкм. Сквозное пористое анодное окисление алюминия проводили в 0,3 М водном растворе щавелевой кислоты при напряжении 60 В в двухэлектродной ячейке. В качестве анода использовалась сетка из платиновой проволоки. Перевод аморфной структуры анодного оксида в кристаллическую структуру проводили за счет кристаллизации во время высокотемпературной обработки. Для этого использовался следующий режим обработки: температура постепенно возрастала от комнатной температуре до 800 °С, а затем от 800 до 1400 °С со скоростью нагрева около 100 °С в час для предотвращения термического крекинга и скручивания образцов. Термообработка образцов анодного оксида при температуре 1400 °С позволяла получить наноструктурированную алюмооксидную керамику с требуемыми оптическими характеристиками.

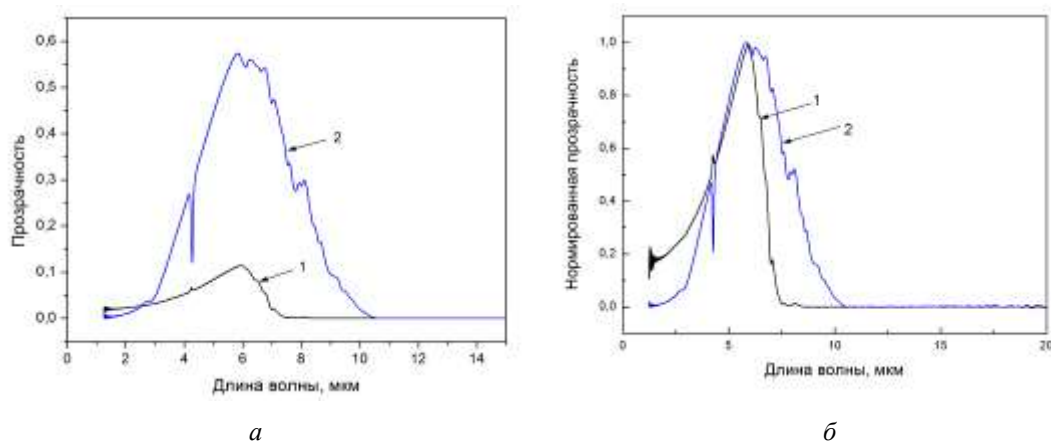


Рис. 1 – ненормированный (а) и нормированный (б) ИК-спектр пропускания поликора (1), поликристаллического Al_2O_3 , полученного в щавелевой кислоте (2)

Беспористая прозрачная керамика поликор также имеет высокое значение коэффициента пропускания света. В отличие от анодного оксида алюминия, который модифицируется в поликристалл путем высокотемпературного отжига из однородной

аморфной структуры, поликор формируется спеканием глинозема. На рисунке 1 приведены для сравнения ИК-спектры пропускания поликора и поликристаллического анодного Al_2O_3 , отожженного при 1400 °С (толщина 180 мкм).

Характер кривой (более резкий) в коротковолновой области ИК-спектра обусловлен особенностями получения поликристаллического анодного оксида алюминия, в то время как уширение в длинноволновой части связано с его регулярно упорядоченной пористой структурой. Из-за оптически неоднородной структуры поликристаллического анодного оксида алюминия, полученные образцы керамики имеют более широкую полосу пропускания (3,9 - 8,0 мкм) и выше прозрачность, чем поликор.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 31 16-38-60110 мол_а_дк.

Список литературы

1. Muratova E.N., Matyushkin L.B., Moshnikov V.A., Chernyakova K.V., Vrublevsky I.A. Thermal radiation shielding by nanoporous membranes based on anodic alumina / IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 872 (2017) 012020. DOI:10.1088/1742-6596/872/1/012020

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ СЭНДВИЧ-МИШЕНИ В СРЕДЕ COMSOL

А. А. КОЗИН, А. С. НИКИФОРОВА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. Сэндвич-мишень, используемая при магнетронном распылении, позволяет получать раствор нескольких соединений переходных металлов. В данной работе при помощи программного пакета COMSOL Multiphysics была создана тепловая модель такой мишени. Необходимость ее создания обусловлена конструкцией сэндвич-мишени, которая предусматривает ее работу в режиме горячей мишени. В результате моделирования было получено продольное распределение температуры по внешней и внутренней мишеням, изотермические контуры и зависимость изотермы с максимальной температуры внешней мишени от мощности, падающей на ее поверхность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №15-19-00076

Ключевые слова: магнетронное распыление, сэндвич-мишень, тепловая модель

В последние годы стали широко популярны покрытия, содержащие твердый раствор нескольких соединений переходных металлов. Больше всего внимания в этой области уделяется нитридам. Такой вид соединений принято называть МАХ фазы и максены (MXenes), которые были открыты 2011 году Юрием Гогоци и Мишелем Барсумом. Обычно для получения таких покрытий используют системы, состоящие из нескольких планарных магнетронов (2 - 4). Однако такие системы имеют несколько недостатков: трудность обеспечения однородности по составу и равномерности по толщине пленок в виде твердого раствора двух нитридов.

Проблему однородности по составу и равномерности по толщине можно решить с помощью магнетрона, содержащего сэндвич-мишень (рис.1), работающего в среде $\text{Ar} + \text{N}_2$.

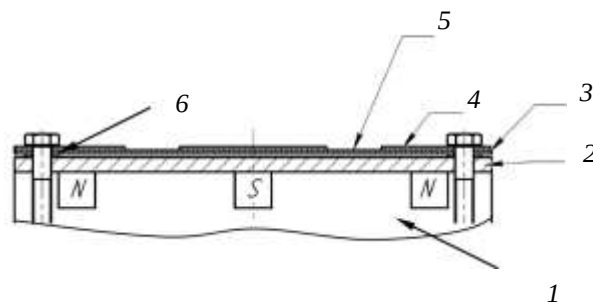


Рис. 1. Фрагмент магнетрона с распылительным узлом, содержащим сэндвич-мишень:
1 – корпус, 2 – охлаждающая плата, 3 – внутренняя мишень, 4 – внешняя мишень, 5 – прорезы, расположенные симметрично, относительно центра мишени, 6 – кольцо.

За счет симметричного расположения прорезей возникают осесимметричные потоки двух нитридов, которые, перемешиваясь в газовой среде, создают общий поток с однородным распределением молекул. Таким образом, на подложку осаждается однородная пленка в виде твердого раствора двух нитридов. Химическим составом раствора можно управлять, изменяя суммарную площадь прорезей.

Поскольку конструкция данного узла такова, что верхняя пластина работает в режиме горячей мишени, возникает необходимость решения тепловой задачи.

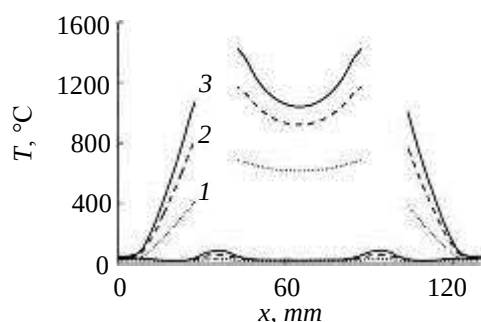


Рис. 2. Распределение температуры на поверхностях мишеней в сечении, включающем прорезы во внешней мишени при различных падающих мощностях (Вт): 1 – 500; 2 – 1500; 3 – 2500.

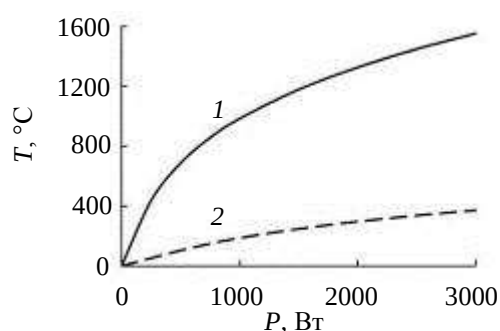


Рис. 3. Зависимость изотермы максимальной температуры внешней мишени 1 и подложки 2 от падающей на мишень мощности.

В данной работе эта задача была решена при помощи COMSOL Multiphysics с использованием модуля «Теплопередача». Инструменты, которые содержит данный модуль, позволяют изучать механизмы теплопередачи — теплопроводность, конвекцию и излучение. В этом программном пакете была реализована одна из модификаций такого устройства. Внутренняя мишень толщиной 4 мм, выполненная из алюминия, была жестко закреплена с внешней мишенью толщиной 1 мм, выполненной из титана, с зазором 1 мм. Во внешней мишени выполнено четное количество прорезей с радиусом 6.5 мм, расположенных симметрично относительно центра мишени, в области её распыления. На расстоянии 100 мм от поверхности внешней мишени параллельно была расположена подложка в виде диска, выполненная из меди, толщиной 1 мм и радиусом 5.6 мм. При расчетах было принято, что мощность разряда выделяется равномерно в кольцевой области, в которой наблюдается наибольшая эрозия.

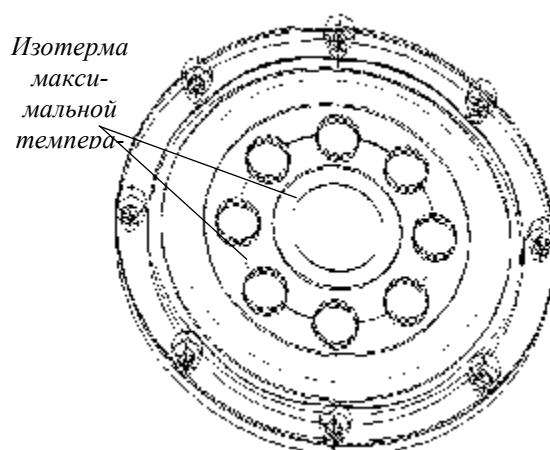


Рис. 4. Изотермические контуры сэндвич-мишени.

На рис. 2 представлены симметричные распределения температуры на поверхностях внешней и внутренней мишеней, полученные в результате расчетов. Поскольку рис. 2 отражает результат для сечения, содержащего прорези, в распределении температуры для внешней мишени на краях прорезей наблюдаются разрывы. В этих интервалах на поверхности внутренней мишени температура не превышает 50 °С. Эффективная температура мишени, которая задает ее усредненный тепловой поток, может быть вычислена путем усреднения с заданным пространственным распределением по всей поверхности наружной мишени.

На рис. 3 представлены зависимости изотерм максимальной температуры мишени и подложки от мощности, падающей на поверхность мишени. Из рис. 3 видно, что мощность свыше 3000 Вт для мишени такой конструкции является критичной, поскольку она нагревается до температур, близких к температуре плавления. Расположение изотерм максимальной мишени температуры показано на рис. 4. На рис. 4 можно видеть, что изотермы максимальной температуры смещены ближе к центру мишени относительно области падения мощности. Это можно объяснить тем, что отток тепла от области падения мощности в сторону болтов больше, чем отток тепла к центру мишени.

СИНТЕЗ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА И ОКСИДА МЕДИ

Е.А. ЛЕВКЕВИЧ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе были синтезированы гетероструктуры ZnO-CuO. Фазовый состав образцов был изучен при помощи рамановской спектроскопии. Приведены спектры оптической плотности структур. Методом вольтамперометрии была исследована эффективность взаимодействия синтезированных структур с глюкозой. Полученные результаты показали возможность использования систем на основе частиц ZnO/CuO для обнаружения и анализа глюкозы в растворах.

Ключевые слова: оксид меди, оксид цинка, датчик глюкозы, вольтамперометрия

Введение

Оксид цинка – один из наиболее перспективных широкозонных полупроводниковых материалов ($E_g=3,37$ эВ), обладающий большой энергией связи экситона (60 МэВ) при комнатной температуре [1]. Благодаря уникальным свойствам и низкой стоимости, он получил применение в электронике, оптоэлектронике, электрохимии и электрохимических устройствах таких, как ультрафиолетовые лазеры, светодиоды, сенсоры, солнечные элементы, пьезоэлектрические наногенераторы [2]. Оксид меди представляет собой полупроводник р-типа электропроводности с шириной запрещённой зоны ($E_g=(1,2\div 1,9)$ эВ) [3]. Он также имеет широкий спектр применений, и используется в таких устройствах, как газовые сенсоры, высокопроизводительные конденсаторы, фотоэлектрохимический датчики и др. [4]. Гетероструктура ZnO-CuO сочетает в себе лучшие свойства оксида цинка и оксида меди. Материалы на основе таких гетероструктур привлекают больше внимание, так как перспективны для применения в различных датчиках и фотодетекторах, а также обладают фотокаталитической активностью [5-9]. В частности, частицы ZnO-CuO могут быть использованы для создания неферментного датчика глюкозы [3]. До недавнего времени датчики глюкозы изготавливались преимущественно на ферментной основе. В качестве фермента, как правило, использовалась глюкозооксидаза. Однако такие датчики имеют ряд недостатков: плохая воспроизводимость, нестабильность, сложные процессы иммобилизации фермента и большая восприимчивость к изменению внешних условий, таких как температура, pH, влажность и др.. Неферментные датчики могут обеспечить более высокую стабильность, стойкость и воспроизводимость [10]. В данной работе были синтезированы и исследованы гетероструктуры ZnO-CuO с целью изучения перспектив применения в датчиках глюкозы.

Эксперимент

В первых экспериментах были использованы: ацетат меди $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ (20,9 ммоль), нитрат цинка $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (41 ммоль), щавелевая кислота (74,3 ммоль) и этанол (105 мл). Синтез проводился при температуре 80 °C. Для второго типа синтеза были выбраны: ацетат меди $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ (20,9 ммоль), нитрат цинка $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (41 ммоль), гидроксид натрия NaOH (1M) и вода (100 мл). Синтез осуществлялся при комнатной температуре. В обоих случаях прекурсоры были смешаны и выдержаны два часа при неизменных внешних условиях. После полного испарения растворителей, образцы отжигались в печи при температурах 150, 200, 300 °C по часу на каждой и четыре часа при температуре 360 °C.

Результаты и обсуждение

Полученные гетероструктуры ZnO-CuO были исследованы с помощью вольтамперометрии, измеренной при различных концентрациях глюкозы (0,1 ммоль, 1 ммоль и 3 ммоль). Зависимость выходного тока от приложенного напряжения для концентрации глюкозы 3 ммоль представлена на рисунке 1. Из графика видно, что в области малых напряжений (от -200 мВ до 200 мВ) кривая имеет практически линейную зависимость, тогда как в диапазонах от -600 до -200 мВ и от 200 до 600 мВ заметна нелинейность изменения тока с напряжением.

Для двух различных методик синтеза были исследованы спектры оптической плотности синтезированных образцов, которые приведены на рис. 2. Максимумы оптической плотности для обеих структур приходятся примерно на одну и ту же длину

волны 310 нм. Разная оптическая плотность при одной длине волны для двух методик синтеза может быть связана с различным размером частиц. Исследования методом рамановской спектроскопии показали, что гетероструктуры содержат кристаллы ZnO и CuO.

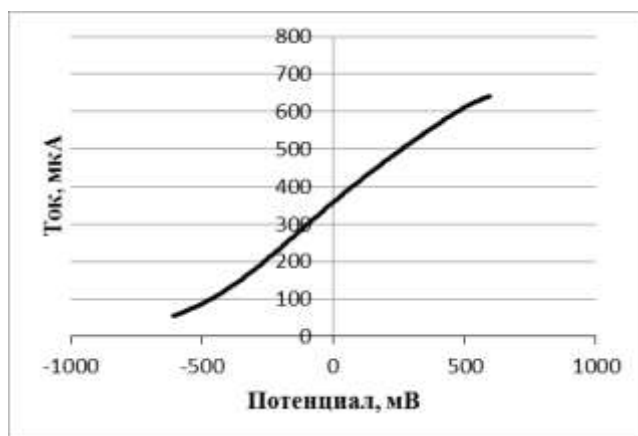


Рис. 1. Зависимость выходного тока от приложенного потенциала при концентрации глюкозы 3 ммоль

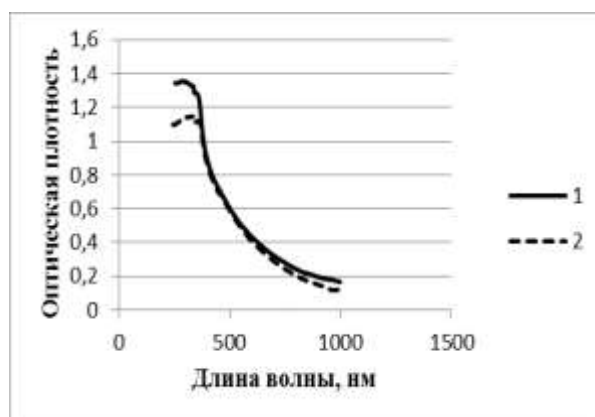


Рис. 2. Спектры оптической плотности структур ZnO-CuO

На рисунке 3 приведены зависимости тока электрохимической ячейки при напряжении 400 мВ относительно хлор-серебряного электрода сравнения от концентрации глюкозы в растворе. Кривая 1 соответствует току ячейки для образца сравнения (отсутствует активный слой, образованный частицами оксидов металлов). Кривая 2 показывает зависимость тока, протекающего через ячейку, в которой рабочий электрод представляет собой подложку с нанесённым слоем частиц, синтезированных в данной работе. Как видно из рисунка обе системы показали увеличение сопротивления при увеличении концентрации глюкозы. Сопротивление образца сравнения в данных экспериментах слабо зависело от концентрации глюкозы при сохранении линейной зависимости от концентрации. В отличие от этого в присутствии на поверхности подложки синтезированных частиц оксидов металлов наблюдается резкое изменение сопротивления электрохимической ячейки при увеличении концентрации глюкозы.

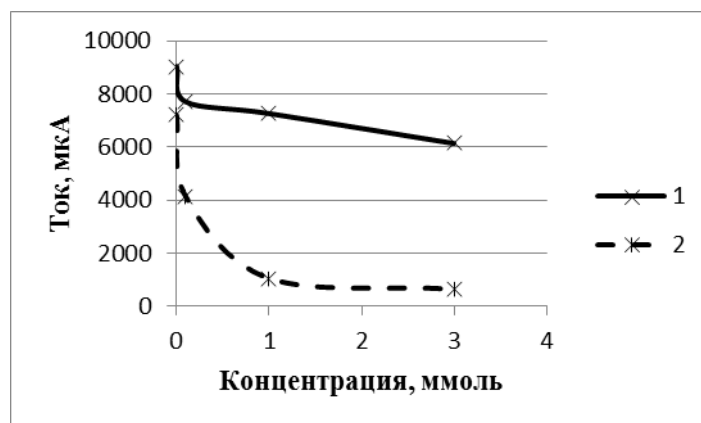


Рис. 3. Зависимость выходного тока от концентрации глюкозы при потенциале 400 мВ

Заключение

Таким образом, приведенные в данной работе исследования, направленные на синтез высокочувствительных оксидных материалов и систем на их основе позволяет сделать следующие выводы. Сформированы гетероструктурные оксидные системы частиц ZnO/CuO. Методом рамановской спектроскопии исследован фазовый состав полученных систем. Электрохимические измерения показали возможность использования систем на основе частиц ZnO/CuO для обнаружения и анализа глюкозы в растворах.

Список литературы

1. Girish Kumar S., Koteswara Rao R. Zinc oxide based photocatalysis: tailoring surface bulk structure and related interfacial charge carrier dynamics for better environmental applications // The Royal Society of Chemistry. 2015. Vol. 5. P. 3306-3151
2. Sheng Xu, Zhong Lin Wang. One-Dimensional ZnO Nanostructures: Solution Growth and Functional Properties // Nano Res.. 2011. Vol. 4(11). P. 1013-1098
3. Bin Cai, Yu Zhou, Minggang Zhao, Hui Cai, Zhizhen Ye, Lei Wang, Jingyun Huang. Synthesis of ZnO-CuO porous core-shell spheres and their application for non-enzymatic glucose sensor // Applied physics A. 2014. Vol. 118(3). P. 989-996
4. Mohit Saraf, Kaushik Natarajan, Shaikh M. Mobin. Non-enzymatic amperometric sensing of glucose by employing sucrose templated microspheres of copper oxide (CuO) // Royal society of chemistry. 2016. N 13
5. Бобков А.А., Лашкова Н.А., Максимов А.И., Мошников В.А., Налимова С.С.. Получение гетероструктурных оксидных композиций для перспективных солнечных элементов нового поколения // Физика и техника полупроводников. 2017. Т. 51. № 1. С. 63-67.
6. Лашкова Н.А., Максимов А.И., Рябко А.А., Бобков А.А., Мошников В.А., Теруков Е.И.. Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов // Физика и техника полупроводников. 2016. Т. 50. № 9. С. 1276-1282.
7. Пешкова Т.В., Димитров Д.Ц., Налимова С.С., Кононова И.Е., Николаев Н.К., Папазова К.И., Божинова А.С., Мошников В.А., Теруков Е.И.. Структуры из нанопроводов с переходами Zn-ZnO : CuO для детектирования паров этанола // Журнал технической физики. 2014. Т. 84. № 5. С. 143-148.
8. Chunjie Huang, Shaoyun Chen, Xiaoyao Fei, Dai Liu, Yongchun Zhang. Catalytic Hydrogenation of CO₂ to Methanol: Study of Synergistic Effect on Adsorption Properties of CO₂ and H₂ in CuO/ZnO/ZrO₂ System // Catalysts. 2015. Vol. 5(4). P. 1846-1861
9. Arne Bienholz, Frederick Schwab, Peter Claus. Hydrogenolysis of glycerol over a highly active CuO/ZnO catalyst prepared by an oxalate gel method: influence of solvent and reaction temperature on catalyst deactivation // Green Chemistry. 2010, Vol. 12 (2), p. 290-295
10. AI. Gopalan, N. Muthuchamy, KP. Lee. A novel bismuth oxychloride-graphene hybrid nanosheets based non-enzymatic photoelectrochemical glucose sensing platform for high performances // Biosensors and Bioelectronics. 2017. Vol. 89(1). P. 352-360

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ

А. И. ЛУФЕРОВ, Д. Д. ФИРСОВ, О. С. КОМКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Предложен и реализован метод удаления теплового фона с помощью стробируемого интегратора при измерении фотолюминесценции на инфракрасном фурье-спектрометре. Кроме того, те же образцы измерены при помощи метода фазочувствительного детектирования. Произведено сравнение полученных данных со спектрами, измеренными в режиме непрерывного сканирования фурье-спектрометра. Для обоих методов экспериментально подтверждена успешность борьбы с перегревом образца внешним излучением накачки.

Ключевые слова: фотолюминесценция, стробируемый интегратор, тепловой фон, борьба с тепловым фоном, перегрев образца, импульсная накачка.

Исследования, выполненные Д.Д. Фирсовым, поддержаны РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-60076 мол_a_дк.

В настоящее время полупроводниковые структуры, способные генерировать и детектировать инфракрасное (ИК) излучение, являются объектом повышенного интереса научного сообщества ввиду их чрезвычайно широкой области применения: приборы ночного видения, термография, астрономия, экология, пищевая и военная промышленность. Для определения параметров зонной структуры таких структур используют специальные методы измерения фотолюминесценции.

Целью данной работы является реализация метода измерения фотолюминесценции (ФЛ) узкозонных гетероструктур с использованием стробируемого интегратора и сравнение результатов с данными, получаемыми для тех же структур другими методами.

Одной из основных проблем измерения фотолюминесценции является факт наличия в ИК диапазоне фонового теплового излучения, генерируемого нагретыми до комнатной температуры компонентами измерительной схемы.

Измерение спектров ФЛ проводилось на инфракрасном фурье-спектрометре VERTEX 80 при температуре образцов $T = 8$ К. В качестве объектов исследования были выбраны метаморфные излучающие структуры с монослойными вставками InSb в квантовой яме InAs/InGaAs/InAlAs [1]. Для визуализации теплового фона были проведены измерения ФЛ в режиме непрерывного сканирования фурье-спектрометра (рис. 1).

Для фильтрации шумов и удаления паразитного теплового излучения с длиной волны больше 3.5 мкм было использовано внешнее усилительное оборудование – стробируемый интегратор (СИ), прибор, работающий во временной области. Он интегрирует входной сигнал в определённом временном интервале, производит выборку и последующее её усреднение, тем самым фильтруя шумы [2]. В нашем случае был дополнительно применён режим активного вычитания фонового сигнала, заключающийся в следующем: из сигнала с фотодетектора при наличии излучения возбуждения, вычитался сигнал в отсутствии излучения возбуждения. Из полученной разности сигналов формировалась выборка, которая усреднялась.

Для реализации режима активного вычитания фонового сигнала был собран аналоговый ключ на основе микросхемы ADG419BNZ. Ключ позволяет произвести

измерения как отдельно фонового сигнала, так и сигнала ФЛ совместно с фоновым сигналом в течение периода работы лазера накачки.

Не менее важной проблемой при измерении фотолюминесценции является перегрев структуры внешним излучением накачки [3]. Во избежание данной проблемы возбуждение образца проходило в импульсном режиме с высокой скважностью: короткая длительность светового воздействия на образец позволяла поддерживать его низкую температуру.

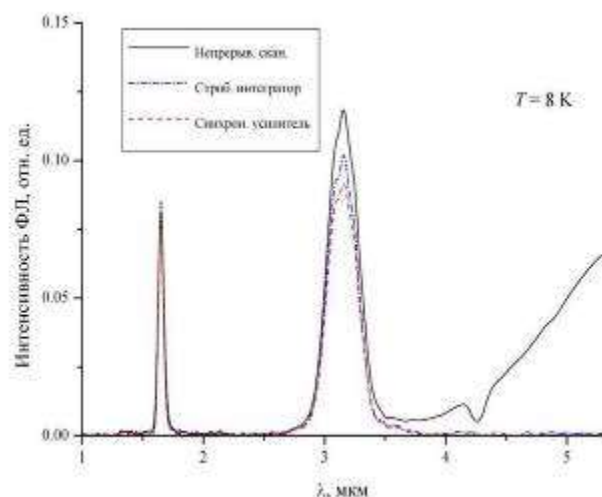


Рис. 1. Спектры ИК фотолюминесценции метаморфной структуры [1], измеренные различными методами

Для сравнения также были проведены измерения при помощи хорошо отработанного метода фазочувствительного детектирования (ФЧД) (рис. 1). После анализа полученных данных были сделаны следующие выводы:

- Спектры ФЛ, измеренные при помощи ФЧД и СИ практически совпадают, что свидетельствует о корректной реализации метода СИ.
- Как синхронный усилитель, так и стробируемый интегратор помогают избавиться от фонового теплового сигнала.
- Пик люминесценции, измеренный при непрерывном сканировании, уширен по сравнению с пиком, измеренным с помощью усилителей, что подтверждает эффективность борьбы с перегревом структуры.

Список литературы

1. M.Yu. Chernov, O.S. Komkov, D.D. Firsov, B.Ya. Meltser, A.N. Semenov, Ya.V. Terent'ev, P.N. Brunkov, A.A. Sitnikova, P.S. Kop'ev, S.V. Ivanov, V.A. Solov'ev. InSb/InAs/InGa(Al)As/GaAs(001) metamorphic nano-heterostructures grown by MBE and emitting beyond 3 μm . Journal of Crystal Growth 477 (2017) 97–99.
2. Operation and Service Manual, Model SR250, Gated Integrator & Boxcar Averager. Stanford Research Systems (1987).
3. M.S. Mironova, O.S. Komkov, D.D. Firsov, G.F. Glinskii. Determination of InSb/AlInSb quantum well energy spectrum. Journal of Physics: Conference Series 541 (2014) 012085.

СТРУКТУРА САМОДУАЛЬНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ НАНОКЛАСТЕРОВ

П.А. МАДИСОН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе рассматриваются структуры возможных конфигураций алмазоподобных кластеров, полученные с использованием самодуальных конфигураций конечных проективных геометрий.

Ключевые слова: алмазоподобные нанокластеры, аморфные материалы, самодуальная конфигурация, тетраэдрические структуры.

При исследовании локальной структуры аморфных материалов непосредственное использование методов классической кристаллографии становится невозможным в связи с отсутствием трансляционной инвариантности. Тем не менее ближний порядок наблюдается. Для алмазоподобных материалов имеет место sp^3 -гибридизация, и как следствие этого, тетраэдрическая координация атомов. В связи с этим представляло интерес перечислить такие конфигурации атомов, которые могли бы служить элементарными строительными блоками в глобально неупорядоченной структуре. На такие кластеры накладываются определенные ограничения. Во-первых, любой атом должен находиться в центре тетраэдра и быть связан, как правило, с тремя соседями. Если какой-то атом связан с четырьмя соседями, то такой кластер может рассматриваться как объединение двух более простых. Во-вторых, минимальными для базовых кластеров являются исключительно шестичленные циклы. Они могут иметь конформацию “кресло”, характерную для алмаза и сфалерита, “ванна”, встречающуюся в гексагональном алмазе и вюрците, и “твист-ванна”. В-третьих, кластеры должны быть самодуальными, что является аналогом существования двух подрешеток в кристаллическом алмазе или в бинарных соединениях типа A^4B^4 , A^3B^5 , A^2B^6 .

В качестве отправной точки мы рассматривали самодуальные конфигурации конечных проективных геометрий [1], а именно, конфигурацию Фано 7_3 и граф Хивуда, а также конфигурацию 8_3 и граф Мебиуса-Кантора. Если удалить из этих графов по три связи, то они трансформируются в алмазоподобные кластеры [2].

Нами были рассмотрены алгоритмы перестроения кластеров с одинаковым числом атомов друг в друга, а также уменьшения и увеличения числа частиц в кластерах. При этом вышеназванные требования к кластерам не нарушались. Оказалось, что принципиально новые конфигурации состава A_nB_n существуют только для $n \in [3; 17]$. Всего таких кластеров оказалось более сотни. Рассмотренные алгоритмы позволяют предсказать возможные пути трансформации различных нанокластеров друг в друга, в частности, кубических в гексагональные и наоборот. Для $n > 17$ эти алгоритмы приводят лишь к генерации кластеров в форме нанотрубок и их удлинению.

Список литературы

1. H.S.M. Coxeter. Self-dual configurations and regular graphs // Bull. Amer. Math. Soc. – 1950. – Vol. 56. – No. 5. – P. 413-455.
2. A.L. Talis. Generalized crystallography of diamond-like structures: II. Diamond packing in the space of a three-dimensional sphere, subconfigurations of finite projective planes, and generating clusters of diamond-like structures // Crystallography Reports. – 2002. – Vol. 47. – No. 5. – P. 709-719.

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПЛАТЫ С ОПТИЧЕСКОЙ ШИНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Т.А. МАНВЕЛОВА^{1, 2}, Н.Н. ИВАНОВ²

¹ *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

² *ОАО «Авангард»*

Аннотация. Разработана тестовая плата с оптической шиной передачи данных для отработки конструктивно-технологических параметров производства полимерных оптических световодов: осуществлен выбор параметров и материалов полимерных оптических волноводов; расчет элементов и разработка топологии тестовой платы, а также, технологии изготовления полимерных световодов. В качестве материала для расчета конструктивных элементов и изготовления тестовой платы с оптической шиной передачи данных используется полидиметилсилоксан (PDMS), модификации которого обладают соответствующими показателями преломления оболочки и сердцевины, которые необходимы для обеспечения угла полного внутреннего отражения на их границе при данной длине волны излучения. Размеры элементов оптического полимерного волновода (несколько мкм) позволяют использовать технологический процесс контактной литографии для производства тестовой платы с оптической шиной передачи данных, освоенный в ЦМСТ ОАО «Авангард».

Ключевые слова: полимерный планарный оптический волновод, ПДМС (PDMS), оптическая шина передачи данных, фотолитография.

Одной из основных проблем современной электроники является поиск принципиально нового способа соединений из-за достижения физического предела пропускной способности на частотах передачи данных свыше 10 ГГц и переходом скорости передачи данных к масштабу Тбит/с, т. к. при повышении частоты передачи сигналов существенно возрастают омические потери в электрической шине, увеличивается тепловыделение и перекрестные помехи (вследствие электромагнитной индукции). Предлагается рассмотреть разработку нового поколения коммутационных интегрально-оптических плат, изготовленных на стандартном печатном основании с применением планарных технологий нанесения функциональных слоев оптической сигнальной шины передачи данных.

Целью выполнения данного проекта являлась разработка тестовой платы с оптической шиной передачи данных для отработки конструктивно-технологических параметров производства полимерных оптических световодов. Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи:

- выбор параметров и материалов полимерных оптических волноводов;
- расчет элементов и разработка топологии тестовой платы;
- выбор технологии изготовления полимерных световодов.

Новизной данной разработки является организация производства интегрально-оптических полимерных устройств передачи данных с применением PDMS как светопроводящего материала для различных значений длин волн излучения путем варьирования процентного содержания связующего агента и контактной литографии как технологического процесса изготовления световодов.

Оптические волноводы – световоды – это структуры, используемые для направления света в устройствах и схемах оптических линий связи. Для интегральной оптики особый интерес представляют световоды прямоугольного сечения, которые являются конструктивной основой интегрально-оптических модулей.[1]

На рисунке 1 изображена модель прямоугольного световода толщиной h , в котором свет распространяется в направлении оси Z . На границах сердцевины и оболочки волны испытывают полное внутреннее отражение.[2]

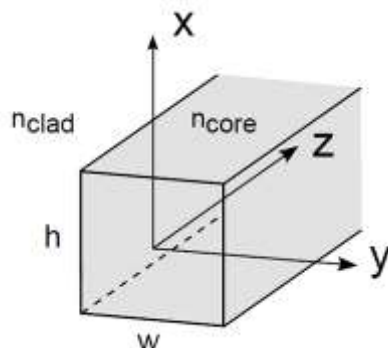


Рисунок 1 – Модель планарного световода[2]

Существует ряд преимуществ световодов перед электрическими шинами:

- большая ширина полосы пропускания (до 100 ГГц на канал),
- низкий уровень рассеиваемой мощности даже при высоких тактовых частотах,
- отсутствие емкостных задержек
- нечувствительность к электромагнитным помехам
- частотное уплотнение оптических каналов (пропускная способность до 1 Тбит/сек на канал и более).

Выбор в пользу полимерных материалов для изготовления световода сделан из-за их низкой стоимости и легкого процессирования. Большие потери сигнала (до 0,3 дБ/см) в пределах одного устройства не влияют на надежную передачу оптического сигнала.

В качестве материала для расчета конструктивных элементов и изготовления тестовой платы выбран PDMS, который при различном соотношении компонентов смеси полимера и связующего агента имеет соответствующие показатели преломления оболочки и сердцевины, необходимые для обеспечения угла полного внутреннего отражения на границе сердцевины и оболочки световода (рисунок 2).

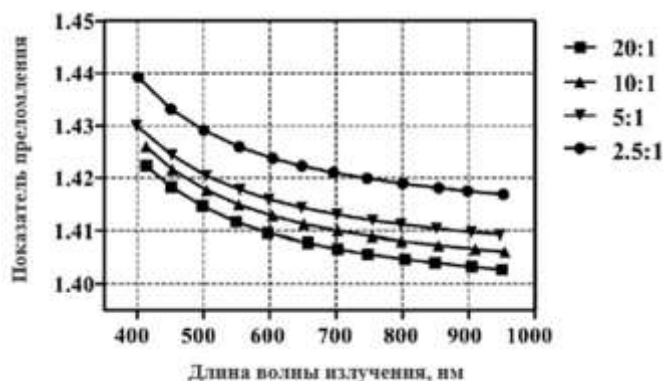


Рисунок 2 – Зависимость показателя преломления PDMS от длины волны излучения [3]

Выбранные параметры элементов световода (Таблица 1) позволяют использовать технологический процесс контактной литографии, освоенный в ЦМСТ ОАО «Авангард», для производства тестовой платы с оптической шиной передачи данных.

Таблица 1

Параметры элементов полимерной шины передачи данных

№ п/п	Наименование параметра		Значение
1	Материал		Полидиметилсилоксан (PDMS)
2	Показатель преломления	оболочки	1,404
		сердцевины	1,41
3	Соотношение полимер/связующий агент, в.ч.	оболочки	5:1
		сердцевины	20:1
4	Толщина h, мкм	оболочки	40
		сердцевины	50
5	Общая толщина планарного световода, мкм		130
6	Длина волны излучения λ , нм		850
7	Тип оптического волокна для ввода/вывода излучения		многомодовый
8	Диаметр оптического волокна, мкм		125
9	Диаметр сердцевины оптического волокна, мкм		50

Разработка тестовой платы с оптической шиной передачи данных предусматривала возможность исследования широкого ряда конструктивно-технологических параметров. В связи с этим тестовая плата была разделена на 3 области (рисунок 3): область 1 – изгиб полимерного световода (параметры: потери на изгиб, минимальный радиус кривизны световода); область 2 – массив параллельных световодов с различной длиной (минимальный размер элементов, потери на прохождение); область 3 – сумматор и разветвитель (манипуляции с сигналом).

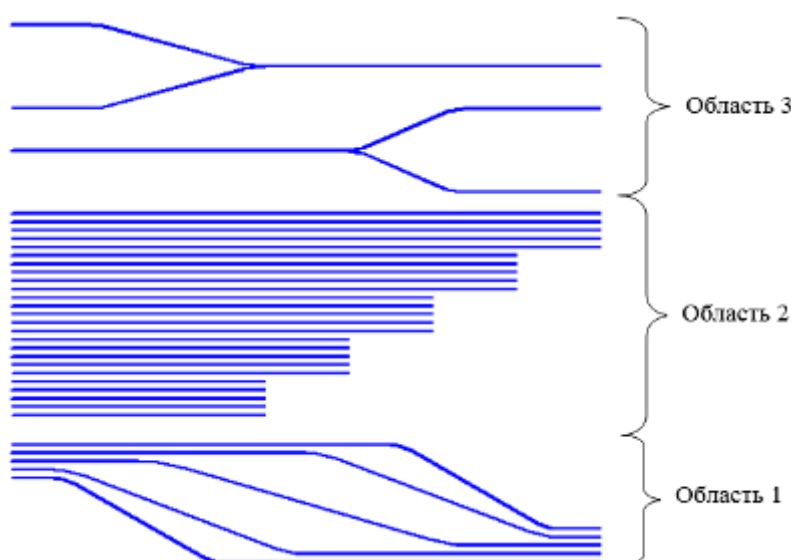


Рисунок 3 – Вид на слой сердцевины оптической платы с полимерными шинами передачи данных

Отличительной чертой технологического процесса изготовления полимерных планарных световодов является формирование слоев оболочки и сердцевины волокна путем УФ или теплового отверждения. Также следует отметить, что на тестовой плате нижний и верхний слой оболочки наносится на всю поверхность тестовой платы. Размеры сердцевины световодов позволяют применить контактную литографию или литографию в микрозоре. Схема технологического процесса приведена на рисунке 4.

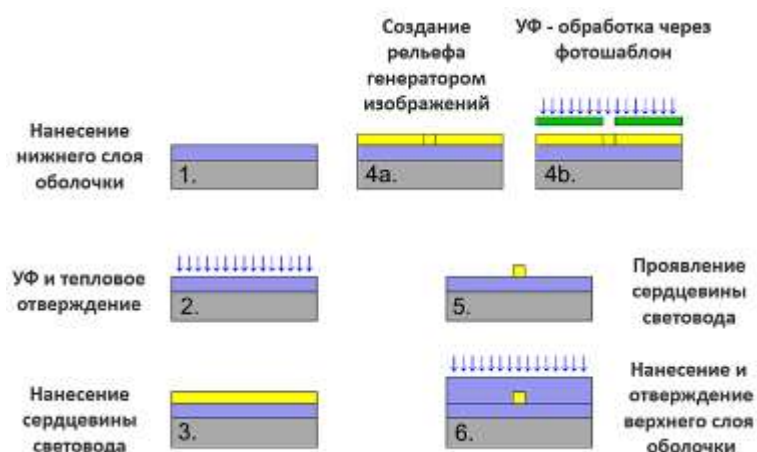


Рисунок 4 - Схема технологического процесса изготовления планарных световодов[2]

Схема измерения включает в себя источник излучения РУБИН 104, приемник излучения ТЕСТЕР РУБИН 021, 2 многомодовых оптоволокон и тестовую плату (рис. 5).



Рисунок 5 – Схема измерения тестовой платы

Особую сложность представляет собой задача передачи сигнала с минимальными потерями из оптоволокон в полимерные волноводы тестовой платы.[1] На данном этапе было выбрано стыковое сопряжение, позволяющее добиться высокой эффективности за счет соответствия геометрических размеров оптоволокон и полимерного световода.

Таким образом, в ходе выполнения проекта разработана тестовая плата с оптической шиной передачи данных, а именно:

выбраны геометрические размеры полимерных планарных оптических волноводов в соответствии с параметрами PDMS как материала планарного световода;

разработана топология тестовой платы для исследования конструктивно-технологических параметров полимерных волноводов;

выбран технологический процесс контактной литографии для изготовления с оптической шиной передачи данных;

в качестве источника излучения используется «РУБИН 104» ($\lambda = 850$ нм), а в качестве приемника излучения – «ТЕСТЕР РУБИН 021»;

для передачи оптического излучения до тестовой платы используется многомодовое волоконно-оптическое соединение с сопряжением «встык» с полимерным планарным оптическим волноводом.

Результаты разработки тестовой платы имеют дальнейшую возможность применения при изготовлении с оптической шиной на гибком основании и корректировки параметров технологического процесса производства оптических планарных волноводов.

Список литературы

1. Панов М.Ф., Соломонов А.В. Физические основы фотоники: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 564 с.

2. Eugen Zraggen. Fabrication and System Integration of Single-Mode Polymer Optical Waveguides: Doctoral Thesis. 158 pp.
3. Ziliang Cai, Weiping Qiu, Guocheng Shao, Wanjun Wang. A new fabrication method for all-PDMS waveguides. - Sensors and Actuators, A 204. – 2013. Pp. 44– 47.

СОЗДАНИЕ ГИБКИХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

А.С. МИГНЕНКО

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В ходе работы была разработана технология получения гибких эластичных материалов обладающих высоким уровнем поглощения. Были созданы опытные образцы и проведены испытания, направленные на сравнение характеристик получившегося образца с аналогами.

Ключевые слова: радиопоглощающие материалы, поглотители электромагнитных волн, магнитные и диэлектрические свойства, композиционные материалы.

В настоящее время к радиопоглощающим материалам (РПМ) наряду с другими требованиями предъявляются и такие, как более высокая степень гибкости для защиты криволинейных поверхностей. Гибкие материалы могут применяться как в промышленных масштабах (для экранирования объектов от электромагнитного излучения), так и для снижения радиолокационной заметности образцов вооружения и специальной техники, защиты компьютерных систем от несанкционированного доступа, и для защиты биологических объектов от электромагнитного излучения.

На данный момент существуют разные технологии изготовления гибких радиопоглощающих покрытий. Например, создание покрытий из нескольких слоев кевларовой ткани с напыленной структурой гидрогенизированного углерода с наночастицами Co и Ni. Однако, для достижения высоких поглощающих характеристик, требуется использовать несколько слоев кевларовой ткани, что существенно снижает гибкость изделия.

Целью работы являлось создание композиционных поглотителей электромагнитных волн и технологии получения гибких эластичных материалов обладающих достаточно высоким уровнем поглощения по сравнению с известными аналогами.

Основная проблема состояла в том, что с увеличением функционального наполнителя, необходимого для обеспечения высокой степени поглощения, понижались механические характеристики материала, а сам он становился хрупким. В тоже время увеличение связующего полимера приводило к снижению поглощающих свойств.

Нами предложено к реализации следующее технологическое решение: на основе наполнителя состоящего из порошков ферритов (карбонильного железа и других РПМ наполнителей) и полимерного связующего, готовится композиция. Далее в эту смесь вводятся трубчатые полимерные микроволокна с проницаемыми стенками толщиной 0.2-0.3 мм, которые пропитаны дисперсией микро- и наночастиц технического углерода с аналогичным связующим. Полученная смесь формируется методом каландрования в листовые поглотители. В следствии чего получается гибкий, прочный материал, поглощающий электромагнитное излучение в широком диапазоне частот.

На основании анализа были определены оптимальные составы композиций, в зависимости от соотношения компонентов. Были проведены сравнительные анализы поглощающих свойств полученных материалов с изначальными композициями. Материал не уступает аналогам в поглощающих свойствах и при этом обладает высокой гибкостью. Контроль гибкости проводится по ГОСТ 17177, на устройстве для определения гибкости изделий с набором цилиндров диаметрами: 2, 4, 8, 20, 40, 80 мм.

Список литературы

1. Михайлин Ю.А. Специальные полимерные композиционные материалы. СПб.: «Научные основы и технологии», 2009. 660с.
2. Казанцева Н.Е., Рывкина Н.Г., Чмутин И.А. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона // Радиотехника и электроника 2003 - С.196-209.
3. Воротницкий Ю.И. Оптимальное проектирование многослойных поглотителей электромагнитных волн // Болг . физ.ж. 1987– С. 378-385.
4. Розанов К.Н. Преображенский Е.А. Синтез широкополосных радиопоглощающих покрытий на основе сложных сред, составленных из активных электрических диполей// Радиотехника и электроника, 2005- С.858-864.
5. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. — 01.12.2001;. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО СУБОКСИДА КРЕМНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА

С. А. ПАНИЧЕВ, А. В. КУКИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В настоящее время активно развивается отрасль солнечной энергетики, а значит, и технологии, связанные с этим направлением, становятся особенно актуальны. Растет КПД солнечных модулей и снижается стоимость получаемой от них энергии. Для увеличения эффективности модулей необходимо применять другие материалы и структуры, а перед использованием исследовать их электрические и оптические свойства. В данной работе проведено исследование электрические свойства тонких пленок субоксида кремния.

Ключевые слова: солнечные модули, субоксид кремния, тонкие пленки.

В связи с постепенным переходом мирового сообщества на альтернативные источники энергии высокими темпами идет развитие солнечной энергетики. Это объясняется в первую очередь экологичностью данного вида энергии и возможностью электрификации удаленных труднодоступных районов. В ряде европейских стран уже достигнут ценовой паритет между стоимостью энергии полученной из традиционных и альтернативных источников. Сейчас, одним из передовых направлений в солнечной энергетике, являются фотоэлектрические преобразователи с гетеропереходом на основе аморфного и кристаллического кремния. В процессе их производства не применяются высокотемпературные процессы. Для качественного развития появилась необходимость применять в солнечных модулях новые, более эффективные материалы, которые способны повысить КПД солнечных элементов. Ввиду чего активно исследуются аморфные материалы, полученные методом плазмохимического осаждения. [1]

Схема гетероструктурного фотоэлектрического преобразователя на основе аморфного и кристаллического кремния (НТ) представлена на рисунке 1.[2]

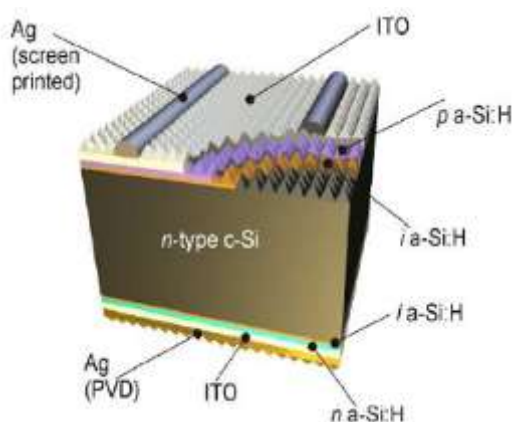


Рисунок 1. Структура гетероперехода солнечного модуля на монокристаллической кремниевой подложке.

В соответствие с рисунком 1, НТ структура состоит из кристаллического кремния с нанесенным слоями из аморфного кремния с различным типом электропроводности. Одним из направления развития технологии НТ является модификация и замена этих слоев на нестехиометрический гидрогенизированный субоксид кремния ($a\text{-SiO}_x\text{H}$). Благодаря изменению параметров синтеза данного материала можно в широком диапазоне изменять его оптические и электрические свойства. Ранее данный материал применялся в тонкопленочных солнечных модулях. [3] Применение вместо обычного аморфного кремния субоксида кремния с подбором определенных технологических параметров позволяет улучшить эффективность такой структуры. В связи с этим возникает необходимость исследований материала для новой технологии.

В данной работе исследованы электрические свойства тонких пленок аморфного гидрогенизированного субоксида кремния. Измерения проводились на установке для измерения температурных зависимостей проводимости. На рисунке 2 представлены приборы, входящие в состав установки.



Рисунок 2. Сверху - электрометр-измеритель больших сопротивлений (Keithley 6517B); снизу – температурный контроллер (Cryo-con Model 32b)

Образец для измерений состоит из кварцевой или стеклянной подложки, имеющей высокое сопротивление, на которую нанесена пленка исследуемого материала. Сверху наносятся металлические контактные площадки. Отсутствие потенциального барьера между контактными площадками и пленкой полупроводника контролировалось путем

измерения вольт-амперной характеристики образца. Подготовленный образец устанавливается в камеру криостата. Все измерения проводились в вакууме при контролируемой температуре.

Исходя из толщины измеряемой пленки, геометрических параметров контактных площадок и измеряемых значений тока и напряжения рассчитывалась удельная проводимость:

$$\sigma = \frac{I l}{U h d},$$

где I – усредненное значение тока, U – напряжение, l – расстояние между контактными площадками, h – толщина пленки, d – длина контактной площадки.

Рассмотренные тонкие пленки аморфного гидрогенизированного субоксида кремния получены методом плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD). Исследуя образцы, полученные при различных концентрациях кислорода в составе рабочего газа, была получена зависимость удельной проводимости при комнатной температуре от содержания кислорода по отношению к газу силан.

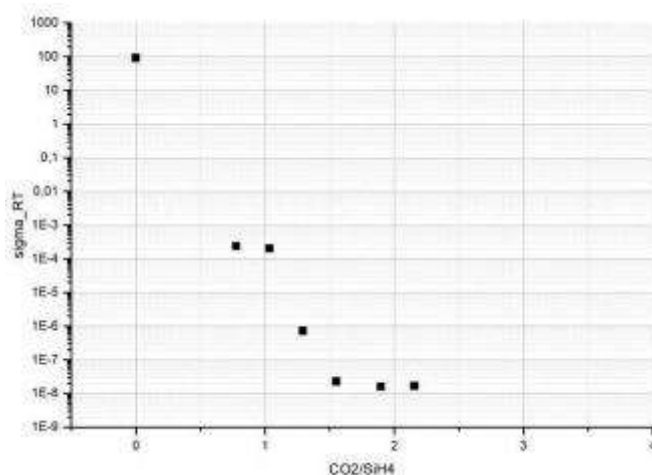


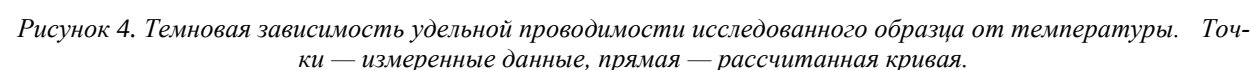
Рисунок 3. Зависимость удельной проводимости при комнатной температуре тонких пленок от относительного содержания кислорода в процессе их получения.

Измеряя удельную проводимость образца при различных температурах, строим график температурной зависимости, которую можно описать формулой:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_A}{kT}\right),$$

где σ_0 – проводимость при нулевой температуре, виртуальная величина, зависящая от времени жизни основных носителей заряда, E_A – энергия активации, k – постоянная Больцмана, T – температура. [4]

На основе данной зависимости проводится математическое моделирование и вычисляется энергия активации.



Список литературы

1. Jarvis K. E., Gray A. L., Houk R. S. Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry. – Chapman and Hall, 1991.
2. Lachenal D. et al. High efficiency silicon heterojunction solar cell activities in Neuchatel, Switzerland //25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition/5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Valencia, Spain. – 2010. – С. 1272.
3. Кукин А. В. Разработка двухкаскадного тонкопленочного фотопреобразователя с улучшенными характеристиками с применением слоев SiOx:H с нанокристаллическими включениями кремния.
4. Бродски М. Аморфные полупроводники //М: Мир. – 1982.

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА ИНДИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ В АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЕ

А.С. ПИПКОВА

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 150003, Ярославль, Россия

Аннотация. Рассматривается обработка поверхности пленок сульфида индия In_2S_3 в аргоновой плазме в двух режимах обработки: $W_{\text{см}}=300$ Вт (энергия ионов 200 эВ), $t=30$ с и $W_{\text{см}}=0$ Вт (энергия ионов ~ 25 эВ), $t=30$ с. В результате исследований методом растровой электронной микроскопии выявлена активная наномодификация поверхности образцов. Проанализированы изменения размеров, поверхностной плотности появившихся структур при различных режимах травления.

Ключевые слова: сульфид индия, плазменная обработка, электронная микроскопия, наноструктуры

Сегодня солнечные элементы, основанные на тонкоплёночных материалах, весьма перспективны для солнечной энергетики. Интерес к тонкоплёночным солнечным элементам на основе диселенида меди-индия-галлия ($\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$) значительно увеличился за счёт его высокой производительности и низкой себестоимости [1]. В качестве материала для буферного слоя в солнечных элементах чаще всего используют CdS , недостатками которого является высокая токсичность. Поэтому в настоящее время

ведутся поиски малотоксичных альтернативных материалов, одним из которых является In_2S_3 [2]. Он имеет ряд уникальных электрофизических свойств, таких как высокая поглощающая способность, n-тип проводимости, значительная ширина запрещенной зоны, повышенная радиационная устойчивость и экологическая безопасность [2]. Цель данного исследования - изучение модификации поверхности пленок In_2S_3 при обработке в аргоновой плазме.

Исследования проводились на образцах сульфида индия, полученных методом термического испарения на стеклянных подложках при вариации температур подложки и отжига. Толщина пленок составляла 500-800 нм. Температура подложки при получении образцов составляла 250 – 300 °С. Отжиг образцов проводился при температуре 250 °С при давлении $1.2 \cdot 10^{-3}$ Торр в течение 1 часа. После этого образцы подверглись обработке в аргоновой плазме в разных режимах: $W_{\text{см}}=300$ Вт (энергия ионов 200 эВ), $t=30$ с и $W_{\text{см}}=0$ Вт (энергия ионов ~ 25 эВ), $t=30$ с. Морфология поверхности образцов в исходном состоянии и после обработки исследовалась методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на установке Supra 40 Carl Zeiss.

Проанализируем изменение морфологии поверхности не подвергнутых отжигу после выращивания пленок In_2S_3 после плазменной обработки при минимальной энергии ионов 25 эВ. На рис.1 показано состояние поверхности после обработки в режиме $W_{\text{см}}=0$ Вт, $t=30$ с. Если исходная поверхность характеризовалась ровной поверхностью с небольшими пологими холмиками высотой до 90 нм, то после плазменной обработки на поверхности появился ансамбль наноструктур с латеральными размерами 20-30 нм с поверхностной плотностью 10^{11} см $^{-2}$.

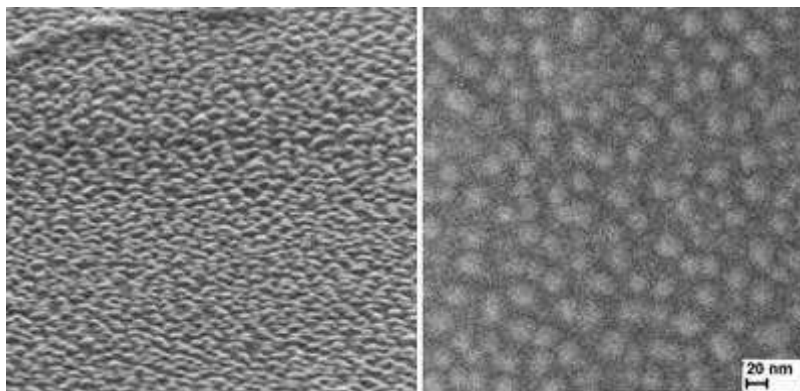


Рис. 1. Морфология поверхности пленки после плазменной обработки в слабом режиме ($W_{\text{см}}=0$ Вт, $t=30$ с)

На рис.2 изображена морфология этой же пленки после обработки в более сильном режиме ($W_{\text{см}}=300$ Вт и $t=30$ с), анализ которой позволяет наблюдать увеличенные выступы, которые можно разделить на две группы: малые и большие. Средние латеральные размеры группы малых выступов составляют 120-130 нм, а больших – 290-300 нм. Поверхностная плотность всех выступов равна $8 \cdot 10^8$ см $^{-2}$. Результат процесса травления можно наблюдать в виде ступени травления (левая часть рис.2), по которой можно оценить скорость травления (11 нм/с).

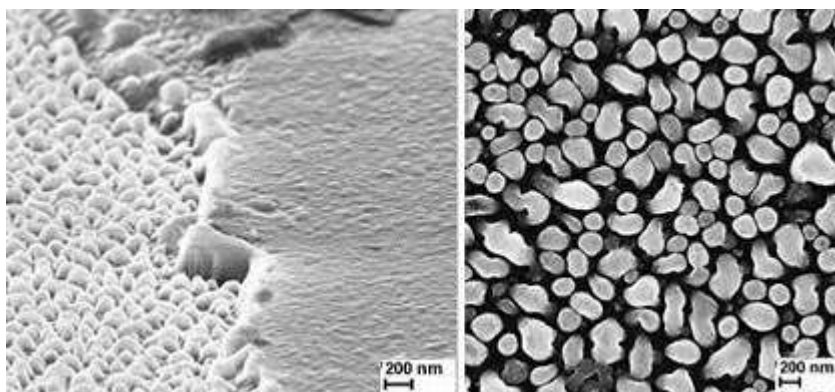


Рис. 2. Морфология поверхности пленки образца после плазменной обработки в режиме $W_{см}=300$ Вт, $t=30$ с.

После проведения отжига характер поверхности пленок становился поликристаллическим, образовавшиеся кристаллиты можно разделить на две группы: большие, размеры которых составляют 180-200 нм и маленькие с размерами 85-90 нм. РЭМ изображение исходной поверхности показано на рис.3. После обработки образца в плазме в слабом режиме ($W_{см}=0$ Вт, $t=30$ с) поверх исходных поликристаллов начинают появляться наноструктуры, латеральные размеры которых составляют 10 - 24 нм. Поверхностная плотность составляет $14 \cdot 10^{10}$ см⁻² (рис. 4). Проведение обработки в сильном режиме ($W_{см}=300$ Вт, $t=30$ с) позволяет наблюдать увеличенные выступы (рис.5), имеющие форму капли. Выступы по размерам можно поделить на две группы: латеральные размеры для небольших выступов составляют 60-70 нм, для больших 130-140 нм. Поверхностная плотность для всех выступов составляет $0,6 \cdot 10^{10}$ см⁻².

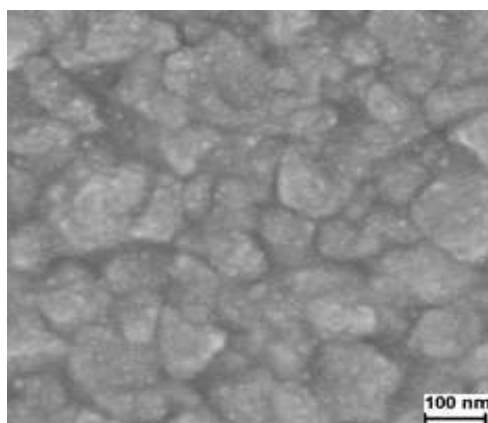


Рис.3. Морфология поверхности пленки с поликристаллами в исходном состоянии.

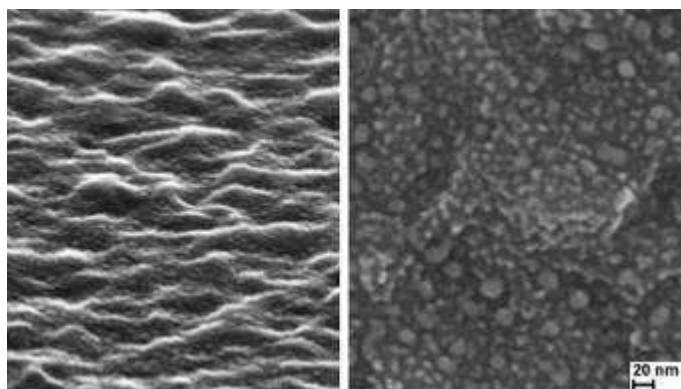


Рис. 4. Морфология поверхности образца, изображенного на рис.3, после плазменной обработки в слабом режиме ($W_{cm}=0$ Вт, $t=30$ с)

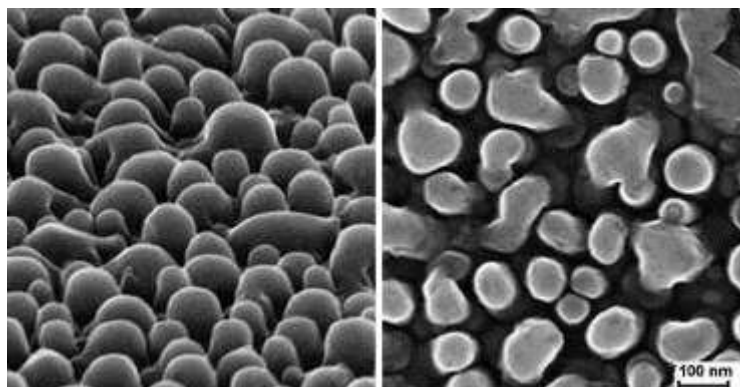


Рис. 5. Морфология поверхности отожженной пленки после плазменной обработки в режиме $W_{cm}=300$ Вт, $t=30$ с.

Таким образом, результаты данной работы показывают, что независимо от проведенного предварительного термического отжига наблюдается одинаковый характер изменения морфологии поверхности при обработке ионами с энергией 25 и 200 эВ. При этом в случае обработки ионами малых энергий имеет место формирование ансамбля наноструктур с латеральными размерами 10-25 нм.

Автор выражает благодарность проф. Зимину С.П. и доценту Гременку В.Ф. за предоставление образцов для исследований и формулировку задачи. Электронно-микроскопические исследования выполнены в ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур». Автор признателен Мазалецкому Л.А. и Амирову И.И. за помощь в выполнении работы.

Список литературы

1. Новиков Г.Ф., Гапанович М.В. Солнечные преобразователи третьего поколения на основе Cu-In-Ga-(S, Se) // Успехи физических наук, 2017. – 173 с.
2. H. Izadneshan, V. F. Gremenok. Influence of Annealing on the Optical Parameters of In₂S₃ Thin Films Produced by Thermal Evaporation // International Journal of Applied Spectroscopy. – 2014. - Vol. 81. - No. 2.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПИРОВАНИЯ Eu^{3+} НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЭВОЛЮЦИЮ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$

А.Д. ПОЛУШИНА^{1,2}, В.Г. ЗАЛЕССКИЙ²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

Аннотация. Изучались и сравнивались 1) температурная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости и 2) температурная эволюция доменных структур в области температур 300К – 750К в беспримесных монокристаллах $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$ и допированных ионами Eu^{3+} (Eu 10 ат% по шихте). Показано существенное влияние допирования на аномалии диэлектрических и оптических свойств, связанных с последовательностью фазовых переходов.

Натрий-висмутовый титанат $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$ (NBT) принадлежит к сегнетоэлектрикам со структурой перовскита со сложным замещением разновалентными ионами в А-позиции $\text{A}'\text{A}''\text{BO}_3$. Этот материал вызывает интерес с прикладной точки зрения, поскольку обладает большими значениями пьезоэлектрических коэффициентов и является экологически чистым по сравнению с традиционными свинцовосодержащими пьезоэлектриками [1-2]. Внимание исследователей в области физики конденсированного состояния привлекла последовательность аномалий акустических, оптических и диэлектрических свойств, связанных со структурными фазовыми переходами, природа которых является предметом дискуссий [1-4]. Также в ряде работ сообщалось о сильной зависимости упомянутых аномалий физических свойств NBT от структурных дефектов и примесных ионов металла. Например, в работах [4,5] показано, что допирование ионами ряда металлов (Mn, Mg) оказывает значительное влияние на эволюцию доменной структуры, область оптической изотропизации и на диэлектрические свойства NBT. Также интерес представляет влияние допирования на термодинамические свойства кристаллов NBT. В работе [5] показано, что примесные ионы Eu^{3+} вызывает значительную люминесценцию керамики, что в сочетании с сегнетоэлектрическими свойствами позволяет рассматривать NBT:Eu³⁺ как перспективный мультифункциональный материал. При этом вопрос о влиянии допирования Eu^{3+} на аномалии диэлектрических свойств, связанные с последовательностью фазовых переходов и на температурную эволюцию доменной структуры в монокристаллах NBT остается открытым.

В настоящей работе изучались и сравнивались температурная зависимость диэлектрических свойств в частотном диапазоне 10Hz – 1MHz, температурная эволюция доменных структур в области температур 300К – 750К в беспримесных монокристаллах NBT и допированных ионами Eu^{3+} (Eu 10 ат% по шихте). Комплексная диэлектрическая проницаемость измерялась с помощью импедансметра Е7-20 одновременно с наблюдением доменной структуры методом поляризационной микроскопии в режимах нагревания и охлаждения.

На рис. 1 представлены результаты измерений температурных зависимостей действительной ϵ' и мнимой ϵ'' частей комплексной диэлектрической проницаемости $\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$ на частоте 100 kHz в чистом и допированном NBT. Температурный ход ϵ' (Т) для беспримесного NBT совпадает с ранее опубликованными данными, проведенными на высококачественных монокристаллах [1], имеет два характерных размытых максимума.

Первый, наибольший максимум наблюдается при температуре $T_m \sim 640$ К и его положение не зависит от частоты. Второй, меньший максимум проявляется в режиме нагревания в окрестности $T_d \sim 470$ К и является частотозависимым.

Допирование ионами Eu^{3+} 10 ат% значительно меняет температурные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости (рис. 1). В отличие от чистого NBT размытый максимум виден при температуре $T_m = 587$ К (на 50 К ниже чем в чистом NBT) на фоне монотонно возрастающей фоновой (background) диэлектрической проницаемости. Что касается второго, малого размытого максимума в окрестности температуры T_d , то на температурных зависимостях для NBT:Eu такой аномалии не наблюдается.

В таблице 1 представлены микрофотографии фрагментов доменной структуры в проходящем через кристалл поляризованном свете в направлениях [001]. В кристаллах NBT:Eu наблюдается такая же особенность доменной структуры, которая наблюдалась в кристаллах допированных ионами Mn Nb и др. В отличие от четкой регулярной доменной структуры в беспримесном NBT в примесных кристаллах доменная структура выглядит как неупорядоченная.

Оптическая изотропизация, при которой изображение доменной структуры полностью исчезает, наблюдается в беспримесном NBT в интервале температур при нагреве - 570-620 К и 540-610 К при охлаждении. В режиме нагревания в беспримесном NBT полное исчезновение двойного лучепреломления (области оптической изотропизации) наблюдается при 557 К. В случае NBT:Eu полной изотропизации не наблюдается, а наибольшее затемнение изображения структуры наблюдается при 554 К.

Вывод.

Допирование ионами Eu привело к:

- 1) исчезновению аномалии диэлектрического отклика при $T_d \sim 470$ К, связанного с сегнетоэлектрическим фазовым переходом;
- 2) исчезновению большого максимума, наблюдаемого при температуре $T_m \sim 640$ К для чистого NBT и появлению размытого максимума при температуре $T_m = 587$ К;
- 3) изменению картины доменной структуры – нарушению ее регулярности;
- 4) к частичной изотропизации (вместо полной, как в чистом NBT).

Таким образом, допирование существенно повлияло на последовательность аномалий диэлектрических и оптических свойств, связанных со структурными фазовыми переходами в температурном диапазоне 300 К – 750 К.

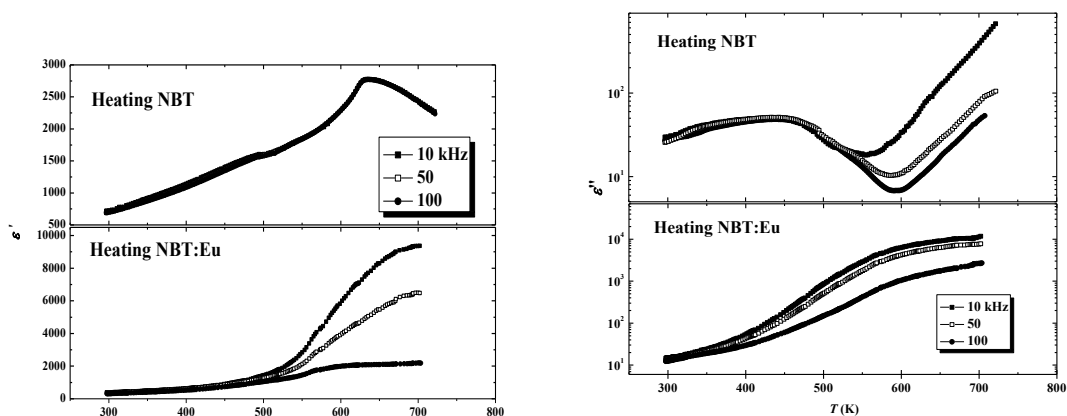
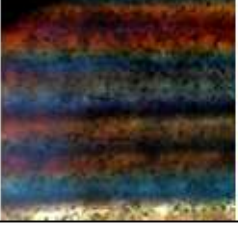


Рис. 1. Температурная зависимость действительной и мнимой диэлектрической проницаемости в монокристаллах NBT и в NBT примесью Eu 10%.

Таблица 1

Эволюция доменной структуры

	NBT	NBT:Eu
Низкие температуры $T = 300$ К		
Область изотропизации NBT $T = 557$ К Для NBT:Eu Область “частичной” изотропизации $T = 554$ К		
Высокие температуры $T = 579$ К		

Список литературы

1. C.-S. Tu, I.G. Siny, V.H. Schmidt, Phys. Rev. B 49, 11550 (1994).
2. G.A. Smolenskii, V.A. Isupov, A.L. Agranovskaya, N.N. Krainik, Sov. Phys. Solid State 2, 2651 (1961).
3. S.B. Vakhrushev, B.E. Kvyatkovskii, N.M. Okuneva, E.L. Plachenova, P.P. Syrnikov, Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 35, 111 (1982).
4. S. Gorfman, P.A. Thomas, J. Appl. Cryst. 43, 1409 (2010).
5. L. Zhang, X. Ren, Phys. Rev. B 73, 094121 (2006).
6. J. Suchanicz, M. Drulis, Phys. Stat. Sol. (a) 164, 683 (1997).

МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФАЗ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, ИМПРЕГНИРОВАННОГО АНТИБИОТИКАМИ

М.О. ПОРТНОВА, А.В. СТАРЦЕВА, А.О. БЕЛОРУС, Ю.М. СПИВАК, В.А. МОШНИКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Изучены особенности морфологии и состава поверхностных фаз, полученных при импрегнации пористого кремния в различных технологических условиях, а именно: при разной плотности тока анодирования, в разных по составу электролитах. Импрегнацию пористого кремния проводили из раствора антибиотиков (канамицина сульфат, амикацин) из физиологического раствора. Приведены данные растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа. Исследования представляют интерес при разработке дисперсных транспортных систем для адресной доставки лекарств на основе пористого кремния.

Ключевые слова: Пористый кремний, канамицина сульфат, амикацин, растровая-электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, дендриты

Введение

Пористый кремний (por-Si) представляет собой целый класс полупроводниковых материалов [1]. Одним из активно разрабатываемых современных направлений применения этого материала является медицина. В медицине por-Si применяется, например, в качестве матрицы-носителя полезного груза для адресной доставки лекарств, в качестве материалов – имплантатов (например, в офтальмологии), в качестве субстратов, а также por-Si используется в тканевой инженерии и ортопедии [2-4].

При создании систем адресной доставки лекарств на основе por-Si важным является выбор соответствующего типа por-Si для обеспечения закрепления лекарственного вещества (ЛВ) в активной форме, а также необходимы методы контроля характера закрепления таких молекул и определения количества (дозы) ЛВ в пористой матрице.

Эксперимент

В данной работе были исследованы слои пористого кремния, полученные методом электрохимического анодного травления при различных технологических параметрах, а именно: серии при разной плотности тока анодирования, в разных электролитах. Использовались два типа электролитов: водно-спиртовой раствор плавиковой кислоты и водно-спиртовой раствор плавиковой кислоты с добавлением перекиси водорода. Электрохимическое травление проводилось в однокамерной электрохимической ячейке. Полученные образцы были функционализированы антибиотиками канамицина сульфатом и амикацином. Выбранные ЛВ являются антибиотиками широкого спектра действия. Для функционализации полученных пористых слоев был выбран метод импрегнации из раствора лекарственного вещества в физрастворе.

Результаты эксперимента

Особенности формообразования выделившихся кристаллов, их расположение на пластинке пористого кремния и состав анализировался с помощью электронно-зондовых методов (РЭМ и РСМА). Анализ проводился на MIRA3 TESCAN.

Анализ данных растровой-электронной микроскопии показывает, что при малых плотностях тока (5 мА/см^2) и при оптимизации условий образования нанокристаллов из жидкости, оставшейся на поверхности удастся выделить хорошо сформированные нанокристаллы NaCl на начальных участках высыхающей капли (рисунок 1). Как видно, нанокристаллы NaCl получают в выделенных участках поверхности, разделенных на ячейки с размерами около 150 мкм. Это соответствует представлениям образования нанокристаллов по механизму дифференциально-лимитируемой агрегации (DLA), характеризующейся размерами эффективных областей сбора вещества на поверхности. Важной особенностью процесса является формирование из агрегатов нано- и микрокристаллов с хорошей огранкой. Размеры монокристаллов достигают в среднем 30х30 мкм. Размеры (и заметный разброс по размерам) ограненных кристаллов обуславливают дальнейший интерес к изучению строения микрокристаллов. Процесс самосборки может относиться к механизму «ориентированного сращивания» (oriented attachment).

На рисунке 2 тот же самый образец, однако микрофотография отражает центральный участок (конечный этап кристаллизации). Видно, что из физиологического раствора с амикацином формируются дендритные фигуры подобные морозным узорам на стекле. В

данном случае узоры могут быть связаны с выделением лекарственных компонентов. (Необходимо отметить, что амикацин применяется исключительно для внутримышечного или внутривенного введения. Препарат нельзя употреблять перорально, и он не выпускается в виде таблеток. Чтобы вводить медикамент в виде капельницы, состав ампулы разводится в растворе натрия хлорид).

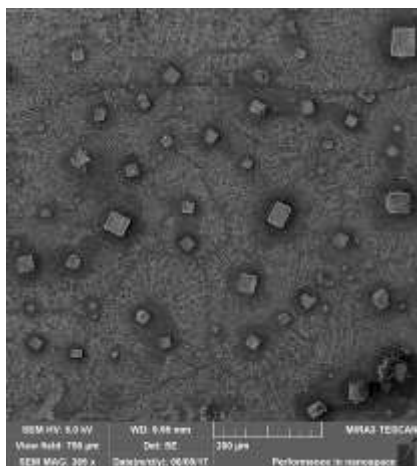


Рисунок 1 – *por-Si*-амикацин, $j = 5 \text{ mA/cm}^2$

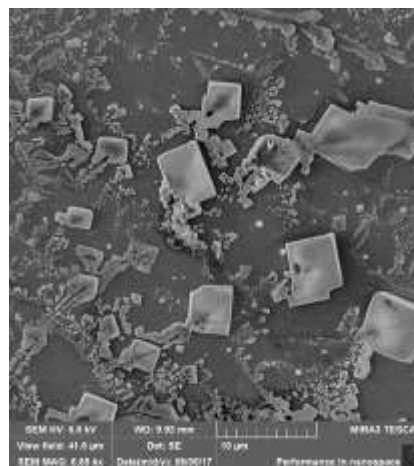


Рисунок 2 – *por-Si*- амикацин, $j = 5 \text{ mA/cm}^2$

Рост кристаллов в процессе высыхания раствора (рисунок 2) соответствует теории дендритообразования, согласно которой из-за флуктуаций концентрации кристаллизующего вещества у фронта кристаллизации возникают ветви вторичных кристаллов (при этом направления роста всех вторичных кристаллов обуславливаются симметрией кристаллических осей и направлению продвижения фронта высыхания капли).

Анализ дендритных поверхностных фаз, содержащих лекарственные вещества представляет еще больший интерес, чем образование ограненных кристаллитов NaCl.

Дополнительная информация о формировании дендритных слоев на поверхности *por-Si* была получена методом РСМА участков поверхности. При этом анализ интенсивности характеристических рентгеновский излучений проводили на энергодисперсионном анализаторе (EDX). В этом методе концентрация элементов рассчитывается по площади соответствующего пика аналитической линии характеристического рентгеновского излучения. Необходимо учитывать, что стандартные методы расчета предполагают итерационные процессы предположений однородности образца. В нашем случае поток электронов захватывает не только поверхностный слой закристаллизовавшегося вещества, но и слой кремниевой подложки. Поэтому оценка составов носит качественный характер, интегрально отражающий наличие элементов других фаз как в латеральном направлении, так и по глубине.

Из микрокристаллического анализа следует, что нанокристаллы соответствуют NaCl, значительно сложнее определить состав дендритов, сформированных между NaCl.

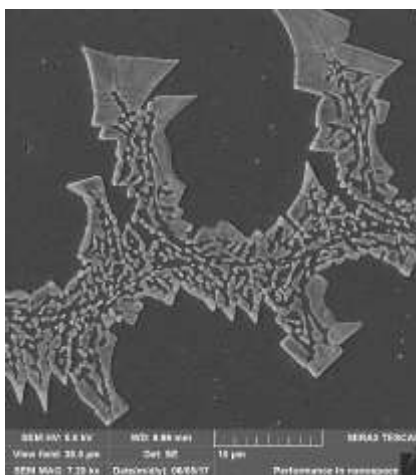


Рисунок 3 – *por-Si-Канацин*, $j = 5 \text{ mA/cm}^2$

Первичные кристаллы происходят из NaCl, при этом окружающий раствор сильно обедняется NaCl и обогащается лекарственным веществом. В результате этого, а также из-за процессов испарения при высыхании капли достигается предельная концентрация (пресыщение) и начинает выделяться в твердую фазу лекарственная форма. Строение дендрита также предполагает наличие определенных угловых соотношений на рисунке 3 описанная схема находит наглядное подтверждение.

На рисунке 4 приведен дендритный участок, выбранный для РСМА. Выделенные места для микроанализа окрашены белым.

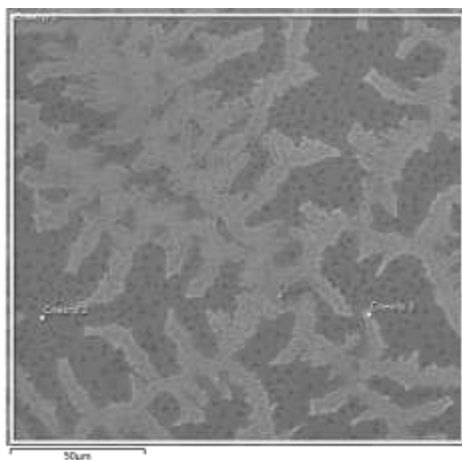


Рисунок 4 – Электронное изображение *por-Si-Канацин*, $j = 5 \text{ mA/cm}^2$

На рисунке 5 показан спектр, в котором обнаруживаются линии $\text{SK}\alpha$, $\text{OK}\alpha$, $\text{NaK}\alpha$, $\text{SiK}\alpha$, $\text{ClK}\alpha$. Данный спектр 1 - интегральный по всей площади скана.

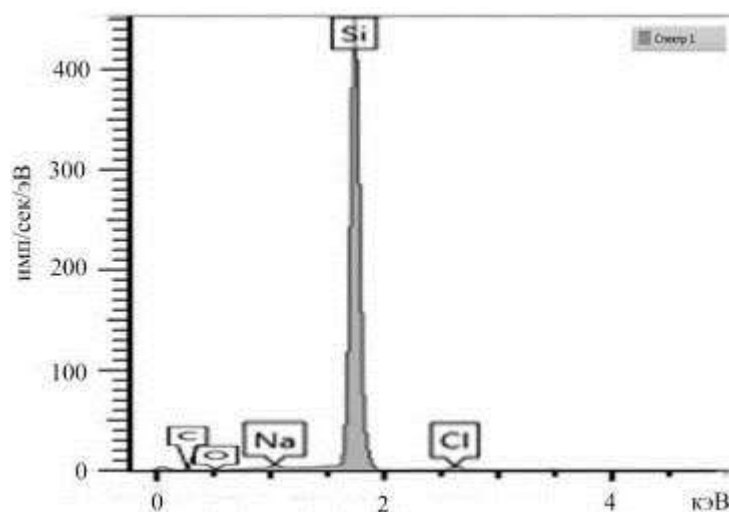


Рисунок 5 – Спектр рентгеновского излучения, содержащий аналитические линии характеристических рентгеновских излучений $SiK\alpha$, $OK\alpha$, $NaK\alpha$, $SiK\alpha$, $ClK\alpha$

Также были проанализированы локальные области, отмеченные белыми точками на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4, точка 2 соответствует участку вне дендрита и практически состоит из чистого кремния., а точка 3 находится на ветке дендрита.

Значения массовых концентраций, усреднённых по всей возбужденной области приведены в таблице 1.

Из анализа экспериментальных данных таблицы 1 следует, что в ветвях дендритов заметно повышены значения концентрации элементов C, O, Na, Cl

Таблица 1

Значения массовых концентраций в процентах

Название спектра	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3
C	7.99		6.24
O	1.20	0.68	0.71
Na	0.70		2.01
Si	88.91	99.32	88.32
Cl	1.21		2.72
Сумма	100.00	100.00	100.00

Эти результаты находятся в согласии с модельными представлениями образования дендритов на поверхности пористого кремния. Приведем брутто-формулы для лекарств:

$C_{22}H_{43}N_5O_{13}$ – амикацин; $C_{18}H_{36}N_4O_{11}$ – канамицин

(Применяемый в настоящее время в лечебной практике канамицина сульфат содержит почти исключительно канамицин А. Сульфат канамицина хорошо растворим в воде с образованием слабоосновных растворов. Канамицин А относится к группе олигосахаридов, является оптически активным основанием. Образует соли с органическими и неорганическими кислотами. Молекула канамицина построена из 2-дезоксистрептамина, D-6-глюкозамина и канозамина, связанных двумя гликозидными связями. Антимикробное действие. Характеризуется широким спектром антимикробного

действия. Высокоактивен в отношении большинства грамотрицательных и грамположительных микробов (*Enterobacter*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Neisseria*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus*), в том числе штаммов, устойчивых к действию других антибиотиков; кислотоустойчивых бактерий (*Mycobacterium tuberculosis*). Мало или совсем не активен против *Streptococcus* всех видов, *Pseudomonas* [5].)

Как видно из формул содержание азота намного меньше кислорода и углерода поэтому чувствительности РСМА недостаточно для их фиксации, атомы водорода принципиально не имеют характеристических линий в рентгеновском диапазоне.

Заключение

Образцы пористого кремния для адресной доставки лекарственного средства были получены электрохимическим анодным травлением и функционализированы методом импрегнации. Функционализацию por-Si проводили антибиотиками канамицин и амикацин из физиологического раствора. Данные РЭМ выявили морфологию образующихся слоев на поверхности пористого кремния. Элементный состав слоев оценивался методом РСМА.

Из полученных результатов могут быть сформулированные дальнейшие задачи по развитию методов тагерной доставки лекарств в пористых матрицах на основе кремния. Во-первых, отсутствие азота и серы может быть связано не только с их малой концентрацией (ниже предела чувствительности метода РСМА), но и потерей этих элементов в процессе кристаллизации и испарения. Во-вторых, важным является применение методов определения формульного состава органических дендритов. Для решения обеих этих задач может быть использованы методы локальной рамановской спектроскопии.

Список литературы

1. Основы водородной энергетики / В.А. Мошников, И.Ю. Сапурина, Ю.М. Спивак [и др.] / под ред. В.А. Мошникова и Е.И. Терукова. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011 – 288с.
2. Пористый кремний и его применение в биомедицине. Мошников В.А., Леньшин А.С., Спивак Ю.М. В книге: Исследование, технология и использование нанопористых носителей лекарств в медицине. Под ред. акад. РАН В.Я. Шевченко, акад. РАН О.И. Киселева, проф. В.Н. Соколова. — СПб.: Химиздат, 2015. — 368 с.
3. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions / Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov et al. // J. of Nanomaterials. — 2016. — V. 2016. — 8 p.
4. Porous silicon nanoparticles for target drug delivery: structure and morphology / Spivak Y.M., Belorus A.O., Somov P.A., Beshpalova K.A., Moshnikov V.A., Tulenin S.S. // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – T. 643. – № 1. С. 012022.
5. Навашин С. М., Фомина И. П. Рациональная антибиотикотерапия. (Справочник). М. Медицина. 1982г. 496 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.В. Пудова, Д.Д. Лобанов, О.С. Бохов, Т.М. Зимина

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Методом электрохимического осаждения получены плёнки висмута и меди на серебре. Разработана топология и 3D модель электрохимической ячейки сенсора для обнаружения тяжёлых металлов.

Ключевые слова: электрохимическое осаждение, датчик тяжёлых металлов

Стандартные методы обнаружения тяжелых металлов являются достаточно дорогостоящими и длительными. Электрохимический датчик наиболее подходит для экспресс-определения тяжелых металлов методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА) ввиду относительной простоты технологии его изготовления, быстроты исследования образцов и относительно низкой стоимости используемых материалов. Трехэлектродная схема является наиболее удобной для проведения исследования методом ИВА. В качестве рабочих электродов могут быть использованы висмут, платина, медь и др., а в качестве стандартного электрода сравнения используются Ag/AgCl , Cu/CuCl_2 . Такие датчики могут изготавливаться промышленными методами, что еще более снизит их стоимость. Простота и низкая стоимость изготовления могут также открыть возможность их использования в качестве одноразовых устройств.

В данной работе исследованы процессы электрохимического осаждения висмута и меди на серебряную пленку, нанесенную методом прямой печати на гибкую подложку, выбраны оптимальные режимы и электролиты для осаждения экспериментальным путем, разработана топология и конструкция трехэлектродной ячейки (рис. 1).

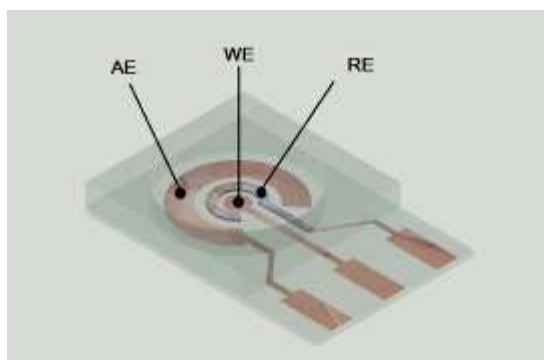


Рис. 1. Схематическое изображение трехэлектродной электрохимической ячейки.

WE – рабочий электрод, AE – вспомогательный электрод, RE – электрод сравнения

Список литературы

1. Jothimuthu P., Wilson R.A., Herren J., Haynes E.N., Heineman, W.R., Papautsky I. Lab-on-a-chip sensor for detection of highly electronegative heavy metals by anodic stripping voltammetry. // Biomedical Microdevices. 2011. Vol. 13 (4). P. 695-703.
2. Xing Pei, Wenjing Kang, Wei Yue, Adam Bange, William R. Heineman, Ian Papautsky. Disposable Copper-Based Electrochemical Sensor for Anodic Stripping Voltammetry. // Analytical Chemistry, 2014.
3. Kang, W.; Pei, X.; Yue, W.; Bange, A.; Heineman, W. R.; Papautsky, I. Electroanalysis 2013, 25, 2586–2594.

ТЕПЛОВЫЕ МИКРОТРУБКИ

О.А. РЫЖОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Тепловые микротрубки являются одним из немногих вариантов решения проблем теплоотвода в микроэлектронике, особенно в силовой микроэлектронике. Данная статья посвящена проблемам повышения эффективности тепловых микротрубок.

Ключевые слова: тепловые микротрубки, металлические наночастицы.

Исследование выполнено за счет гранта УМНИК (договор № 10619ГУ/2015).

Благодаря миниатюризации в области электроники, проблемы связанный с перегревом электронных компонентов имеют высокое значение. Для решения этих трудностей 1984 году [1] предложили использовать тепловые микротрубки, которые либо крепятся на поверхность электронного компонента или являются его неотъемлемой частью.

Тепловые микротрубки имеют низкую теплоемкость, обладают сверхбыстрой проводимостью (в 200 раз быстрее самого лучшего теплопроводника – серебра). Максимальная рабочая температура системы с тепловыми трубками может быть управляемой благодаря физическим свойствам жидкости в тепловой трубке и специальной конструкции накопителя. Эти уникальные свойства устраняют необходимость в сложных системах контроля и обеспечивают простую и безопасную эксплуатацию. Данные трубки устойчивы к замораживанию и перегреву и работоспособны без повреждений от -50°C до $+280^{\circ}\text{C}$, несмотря на это эффективность трубок максимальна в достаточно узком диапазоне температур.

Тепловые трубки выполнены из теплопроводящего материала и являются закрытыми, так как внутри находится легкокипящая жидкость. Один конец находится в тесном контакте с нагреваемым компонентом. Перенос тепла происходит за счёт того, что жидкость испаряется на горячем конце трубки, поглощая теплоту испарения, и конденсируется на холодном, откуда перемещается обратно на горячий конец.

Ранее, когда тепловые трубки имели размеры внутреннего диаметра более 1 мм, необходимо было создавать внутри трубки пористые стенки, чтобы жидкость по порам возвращалась к горячему концу, двигаясь против гравитационных сил, иногда вместо пористых стенок использовали фитиль, который тоже позволял двигаться охлажденной жидкости против сил притяжения. В микротрубках действует капиллярный эффект в силу малого внутреннего диаметра канала, а согласно [1] средняя кривизна границы испарения и жидкости сравнима по величине с обратным гидравлическим радиусом проточного канала. В тепловых микротрубках возврат конденсата осуществляется потоком жидкости в углах многоугольной тепловой трубки; конденсат проходит по углам поверхностной напряженности. Подробный обзор литературы о тепловых микротрубках был написан [2]

Тепловые микротрубки по-прежнему являются идеальным решением в качестве теплоотводов и теплораспределителей для различных миниатюрных устройств, из-за очень высокой теплопроводности, или, другими словами, способности транспортировать тепло с очень малыми градиентами температуры вдоль направления теплопередачи.

Однако использование тепловых микротрубок не ограничивается только охлаждением электроники, поскольку они были предложены для использования в качестве устройств для рассеивания тепла, используемых в сочетании с микропроцессами; в удалении тепла от лазерных диодов и других небольших локализованных теплогенерирующих устройств, таких как фотогальванические элементы; в локализованном охлаждении авиационных конструкций; биомедицинские применения, такие как лечение онкологических заболеваний и контроль эпилептических припадков.

По существу, теплоотвод тепловых микротрубок состоит из массива микротрубок с многоугольным поперечным сечением. Комбинация материала и жидкости, расположение каналов и форма поперечного сечения канала, влияют на такие параметры как: рабочая температура, скорость переноса тепла и коэффициент внешней теплопроводности. Правильная конструкция и изготовление тепловой микротрубки, подходящей для конкретного использования, - это искусство, а также наука, поскольку это включает в себя расчеты, интуицию и опыт. В последние несколько десятилетий были исследованы микротрубки, использующие различные поперечные сечения каналов и технологии изготовления.

В литературе представлены теоретические и экспериментальные исследования, направленные на точное математическое моделирование, анализ устойчивых и переходных рабочих и эксплуатационных характеристик, определение эффективной теплопроводности и рабочих пределов и оптимизацию конструкций. В то время как теоретические исследования были сосредоточены на изменениях температуры и давления рабочей жидкости внутри каналов в качестве основных параметров, экспериментальные исследования были направлены на определение общей производительности устройства посредством теплопередачи и внешних температурных измерений.

Производительность тепловых микротрубок является сложной функцией различных параметров, таких как: материал микротрубки, рабочая жидкость, геометрия канала, а также теплофизические параметры являются сильно нелинейными и зависят от температуры. Исходя из этого невозможно прийти к обобщенным выводам относительно идеальной конструкции, основанной на сравнении производительности различных конструкций. В зависимости от конкретного применения и ограничений, налагаемых подложкой, рабочей жидкостью и методами изготовления, можно выбрать подходящую конструкцию. На основе анализа исследований различных конструкций учеными [3] была сделана попытка сделать количественные сравнения на основе параметров производительности, таких как эффективная теплопроводность или теплопередача на единицу площади поперечного сечения и градиент удельной температуры. В некоторых случаях параметром производительности, используемым исследователями, является эффективная проводимость или способность переноса тепла на единицу площади поперечного сечения канала, что является величиной, характерной для расчетной длины тепловой трубы.

Каналы любого многоугольного сечения могут выступать в качестве каналов тепловых трубок, в которых углы способны развивать требуемое капиллярное действие для циркуляции рабочей жидкости («смачивание» жидкой фазы), но применяемый метод

изготовления налагает основное ограничение в геометрическом дизайне каналов. Наиболее широко используемые формы поперечного сечения, изготовленные на подложках, представляют собой трапецевидные [4-7], треугольные [8-10] и прямоугольные [11-13] поперечные сечения. Помимо правильных многоугольных форм для поперечного сечения, тепловые микротрубки также были спроектированы с другими интересными формами поперечного сечения. Двумя основными модификациями правильных прямоугольных и треугольных поперечных сечений были соответствующие им изогнутые многоугольные формы. Сравнение характеристик этих двух конструкций, основанных на экспериментальном исследовании, было представлено в работе [14].

В работе предлагается использовать жидкостное анизотропное травление монокристаллического кремния, но с немного измененным стандартным технологическим процессом. Как правило, процедура подготовки пластины и анизотропного травления включает следующие шаги: окисление; фотолитография; травление оксида в буферном травителе через маску фоторезиста; удаление фоторезиста; комплексная очистка; кратковременное погружение в буферный травитель для удаления естественного оксида; анизотропное травление. Затем кремниевую платину соединяют со стеклянной пластиной, тем самым закрывая сформированную V-образную канавку и формируя треугольный микроканал. Предлагается другая технология создания микротрубок в кремниевой пластине: фотолитография на стеклянной пластине; изотропное жидкостное травление стеклянной пластины; соединение стеклянной пластины (с вытравленной канавкой) с чистой кремниевой пластиной; анизотропное травление кремниевой пластины при пропускании горячего КОН через микроканал в стеклянной пластине. В результате в кремнии образуется V-образная канавка, а сечение канала будет напоминать каплю. В таком технологическом процессе на 40% меньше операций и он на 60% дешевле.

В работах [15, 16] продемонстрировано использование наночастиц Cu, CuO, SiO₂, Au в рабочей жидкости тепловых нанотрубок для увеличения теплопередачи этой системы. Эффективность системы увеличилась на 6-23%, а стоимость изготовления на 3% при синтезе наночастиц в лабораторных условиях.

В последние два десятилетия появились технологии, позволяющие синтезировать наночастицы в промышленном масштабе, с помощью реакторов поточного синтеза наночастиц [17-19], что приводит к снижению цены на эти наноматериалы и увеличению областей использования наночастиц.

Список используемой литературы

1. Cotter T. P. Principles and prospects of micro heat pipes //Proceedings of the 5th International Heat Pipe Conference, Tsukuba, Japan. – 1984. – Т. 1. – №. 984. – С. 328-335.
2. Cao Y. et al. Micro/miniature heat pipes and operating limitations //Journal of Enhanced Heat Transfer. – 1994. – Т. 1. – №. 3.
3. Faghri A. Heat pipes: review, opportunities and challenges //Frontiers in Heat Pipes (FHP). – 2014. – Т. 5. – №. 1.
4. Babin BR, Peterson GP, Wu D. 1990. Steady-state modeling and testing of a micro heat pipe. ASME Journal of Heat Transfer 112:595–601
5. Gerner F. M. et al. Flow and heat transfer limitations in micro heat pipes //28 th National Heat Transfer Conference and Exhibition, San Diego, CA, USA, 08/09-12/92. – 1992. – С. 99-104.
6. Wu D., Peterson G. P. Investigation of the transient characteristics of a micro heat pipe //Journal of thermophysics and heat transfer. – 1991. – Т. 5. – №. 2. – С. 129-134.
7. Wu D., Peterson G. P., Chang W. S. Transient experimental investigation of micro heat pipes //Journal of thermophysics and heat transfer. – 1991. – Т. 5. – №. 4. – С. 539-545.
8. Longtin J. P., Badran B., Gerner F. M. A one-dimensional model of a micro heat pipe during steady-state operation //Journal of Heat Transfer. – 1994. – Т. 116. – №. 3. – С. 709-715

9. Babin B. R., Peterson G. P., Wu D. Steady-state modeling and testing of a micro heat pipe //ASME, Transactions, Journal of Heat Transfer. – 1990. – Т. 112. – С. 595-601
10. Sobhan C. B. et al. Modeling of the flow and heat transfer in micro heat pipes //ASME 2004 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels. – American Society of Mechanical Engineers, 2004. – С. 883-890.
11. Murer S. et al. Experimental and numerical analysis of the transient response of a miniature heat pipe //Applied thermal engineering. – 2005. – Т. 25. – №. 16. – С. 2566-2577.
12. Suman B., De S., DasGupta S. Transient modeling of micro-grooved heat pipe //International journal of heat and mass transfer. – 2005. – Т. 48. – №. 8. – С. 1633-1646
13. Suman B., Kumar P. An analytical model for fluid flow and heat transfer in a micro-heat pipe of polygonal shape //International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2005. – Т. 48. – №. 21. – С. 4498-4509
14. Moon S. H. et al. Experimental study on the thermal performance of micro-heat pipe with cross-section of polygon //Microelectronics Reliability. – 2004. – Т. 44. – №. 2. – С. 315-321.
15. Liu Z. H. et al. Compositive effect of nanoparticle parameter on thermal performance of cylindrical micro-grooved heat pipe using nanofluids //International Journal of Thermal Sciences. – 2011. – Т. 50. – №. 4. – С. 558-568.
16. Chien H. T. et al. Improvement on thermal performance of a disk-shaped miniature heat pipe with nanofluid //Electronic Packaging Technology Proceedings, 2003. ICEPT 2003. Fifth International Conference on. – IEEE, 2003. – С. 389-391.
17. Aleksandrova O.A., Ryzhov O.A. et al. Development of flow reactor for the synthesis of semiconductor and metal nanoparticles // Университетский научный журнал. – 2015. – № 15. – С. 13-21.
18. Реактор для синтеза наноструктур : пат. 166323 Рос. Федерация : МПК B82B 3/00 ; B82Y 40/00 ; B22F 9/00/ О. А. Рыжов, Л. В. Матюшкин, В. А. Мошников, О. А. Александрова ; заявители и патентообладатели О. А. Рыжов, Л. В. Матюшкин, В. А. Мошников, О. А. Александрова. – № 2015155748; заявл. 24.12.2015; опубл. 20.11.2016, Бюл. № 32.
19. Рыжов О. А. Прецизионный шприцевой насос для дозирования микрообъемов // Молодой ученый. — 2015. — №11. — С. 425-428.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.С. ПЩЕЛКО, В.В. САДОВСКИЙ, Д.С. ПОПЫЛОВСКИЙ

Военная академия связи им. С.М. Буденного

Аннотация. Разработаны несложные для реализации устройства, позволяющие с помощью электрических разрядов производить обработку поверхностей материалов для улучшения их адгезионной способности. Принципиальная схема обработки поверхности детали разработана на основе таймера 555-й серии. Для обработки используется барьерный разряд в воздухе между высоковольтными электродами. Приведены примеры других возможных применений разработанных устройств.

Ключевые слова: электрическое поле, разряд, модификация поверхности, адгезия, электрический импульс

В современном производстве актуальна не только разработка новых материалов, обладающих заданными свойствами, но и проблема их соединения – склеивания, сварки и других способов постоянного или временного закрепления. Соединения материалов, сочетающих различные механические и электрические свойства необходимы в том или ином виде практически во всех областях производства.

Основной задачей, требующей решения для получения надежного соединения двух поверхностей, является повышение их адгезии. В настоящее время разработаны различные способы соединения материалов. В частности, нами достаточно подробно исследован способ их электроадгезионного соединения [1-5], имеющий ряд достоинств. В то же время следует признать, что наиболее распространенным и востребованным по ряду причин остается традиционное склеивание. При этом для получения надежного

соединения склеиваемых поверхностей одинаково важны как состав клея, так и подготовка склеиваемых поверхностей.

Целью настоящей работы состояла в разработке несложных устройств, позволяющих с помощью электрических разрядов производить обработку поверхностей материалов для улучшения их соединения. В результате такой обработки, как показывает эксперимент, улучшают ее адгезионные свойства. Принципиальная схема обработки поверхности детали с использованием барьерного разряда в воздухе между высоковольтными электродами показана на рис. 1.

Обработки поверхности различных материалов в газоразрядном реакторе с целью очистки поверхности или изменения ее структуры является доступной и эффективной. В образующейся низкотемпературной газоразрядной плазме происходит генерация электронов, ионов, активных радикалов, которые могут вступать в реакцию с молекулами примесей или основного материала на его поверхности. Возможно также, что больших напряженностях электрического поля обрабатываемый материал подвергается воздействию ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучений.

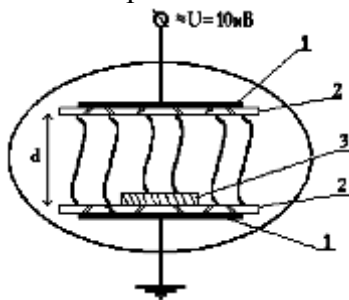


Рис.1. Обработка детали в барьерном разряде. 1 – металлические электроды, 2 – диэлектрик (барьеры), 3 – обрабатываемая деталь

Для подавления неустойчивости разряда используется емкостная стабилизация: электроды покрывают диэлектрическими барьерами, при этом ток носителей в разрядном промежутке замыкается током смещения (емкостным током) через барьеры. Если в некоторой зоне разрядного промежутка увеличивается плотность тока, то увеличивается падение напряжения на емкости барьеров, что приводит к снижению напряженности электрического поля в разряде и, следовательно, к снижению плотности тока. Наиболее эффективна стабилизация разряда диэлектрическими барьерами с низким значением удельной поверхностной емкости - порядка единиц пФ/см^2 [6]. Ток разряда протекает и через материал, помещенный в газоразрядный реактор. Если модифицируемый материал - диэлектрик, то ток через него протекает в виде тока смещения, а если проводник - то в виде тока проводимости. Специфической особенностью высоковольтного импульсного объемного разряда емкостного типа является высокая напряженность электрического поля вблизи поверхности обрабатываемого материала, поэтому поверхность подвергается бомбардировке ионами и электронами со средней энергией 2-5 эВ [6]. Для повышения интенсивности плазмохимических реакций целесообразно повышать частоту питающего напряжения источника газоразрядного реактора или переходить к импульсно-периодическому режиму электропитания.

Для реализации рассмотренной обработка предлагается электрическая схема на основе использования таймера 555-й серии, формирующего электрические импульсы необходимой скважности, которые, в свою очередь кратковременно открывают транзистор, коммутирующий повышающий трансформатор, рис 2.

В качестве последнего использовалась автомобильная катушка зажигания. Продолжительность импульса регулируется резистором R2, пауза между ними - резистором R3. Таким образом, в данной схеме имеется возможность регулировки как частоты, так и скважности импульсов. В настоящее время имеется широкий выбор биполярных, полевых и IGBT – транзисторов, которые могут быть использованы для коммутации выходных силовых элементов. В приведенной схеме использовался транзистор КТ 898А, специально разработанный для работы в системах электронного зажигания автомобилей.

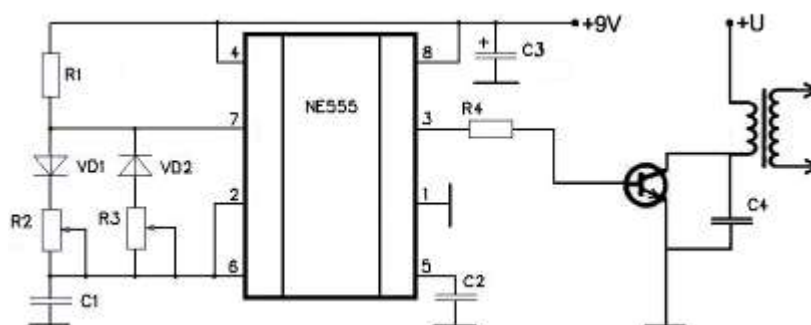


Рис.2. Электрическая схема формирователя импульсов высокого напряжения

С помощью разработанной схемы (рис. 2) в камере, показанной на рис.1, производилась обработка различных деталей: полированных пластин-подложек из поликристаллической окиси алюминия - поликора для последующей металлизации и изготовления микросхем, поверхности деталей из фторопласта перед склейкой, углеродных волокон с целью улучшения их адгезии к связующим (эпоксидным компаундам), стекло перед их тонированием, микропористых структур (пористый листовой ПВХ, пористый фторопласт, бумага). Во всех экспериментах обнаружен положительный эффект – повышалась адгезионная способность поверхностей. Для наблюдения за изменением адгезионных характеристик оценивалась гидрофильность обработанных поверхностей с помощью разработанного приспособления, рис 3.

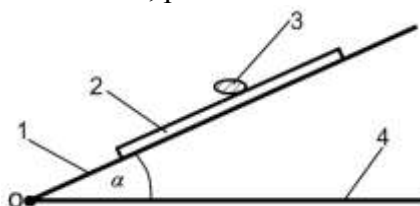


Рис.3. Оснастка для оценки адгезионных свойств поверхности. 1 – подвижная плоскость, 2 – исследуемый образец, закрепленный на подвижной плоскости 3- капля воды, 4- горизонтальное основание

На подвижной относительно оси О плоскости 1 помещался плоский обработанный образец 2. Первоначально плоскость 1 располагалась горизонтально, т.е. угол α равнялся нулю. Затем с помощью пипетки на обработанную поверхность капалась капля воды, после чего правый край подвижной плоскости 1 начинали медленно приподнимать. Фиксировалось значение угла α , при котором начиналось скатывание капли. Чем больше это значение, тем, очевидно более гидрофильна поверхность и ее адгезионные свойства выражены сильнее. В качестве примера результатов измерений можно отметить, что до обработки пористого фторопласта значение α составляло всего $5-10^\circ$, а после - могло

достигать даже 180° , т.е. капля смачивала образец и не отрывалась от него даже при переворачивании последнего.

При некоторой модификации схемы, приведенной на рис.2 (использование таймера в режиме одновибратора, замене выходной силовой части - транзистора, трансформатора, напряжения питания) оказалось возможным ее использование для разных технологий. Так, можно обрабатывать в жидкой пенообразующей среде металлические поверхности, достигая не просто их шероховатого состояния, а и создавая в поверхностном слое зоны поднутрения. Эта технология использована нами в стоматологии [7]. Предлагаемый метод позволяет обрабатывать поверхность металлических протезов, достигая результата лучшего, чем при обработке зуба ортофосфорной кислотой: поверхность металла получается пористой, а не шершавой, рис.4. Обработка может быть осуществлена по заранее намеченным границам. Это позволяет наносить на металлическую поверхность любые композиционные материалы, достигая высокой степени адгезии. Она достигается за счет втягивания композита в поры и последующего отверждения. Втягивание в поры осуществляется за счет естественных капиллярных явлений (подобно губке, смоченной водой), а также может быть дополнительно усилено путем использования втягивающих сил электрического поля при нанесении композита. После отверждения нанесенного покрытия достигается его надежное сцепление с обработанной поверхностью.

разработанная технология испытывалась на большом числе пациентов и продемонстрировала отличные результаты, рис 4.



Рис.4. Обработанная поверхность металлической коронки зубного протеза и протез с нанесенной на него композитной облицовкой

Показанная на рис. 2 схема при некоторых ее изменениях может найти различные применения. Так, в настоящее время на основе данной схемы нами разработан компактный аппарат для точечной микросварки. Также мы исследуем с использованием этой схемы возможности восстановления «состарившихся» химических источников тока с помощью импульсных и ассиметричных токов.

Список литературы

1. Пшелко Н.С. Использование электрического поля для повышения адгезии электропроводящих пленок к диэлектрическим подложкам при вакуумном нанесении // Вакуумная техника и технология. 2010 г. №1. С. 31-36.
2. Pshchelko N. S., Sevryugina M.P. Modeling of physical and chemical processes of anodic bonding technology // Advanced Materials Research, Vol. 1040, 2014, p 513-518
3. Pshchelko N.S., Tomaev V. V. Polarization of Surface Layers of Ionic Dielectrics at the Interface Between the Electrodeposited Contact and a Dielectric // Glass Physics and Chemistry. Vol. 42 No.1. 2016 . P.105 -109.
4. Горбач Н.С., Пшелко Н.С., Водкайло Е.Г. Электростатическая доска объявлений. Современные образовательные технологии в преподавании естественно-научных и гуманитарных дисциплин: Сборник научных трудов IV Международной научно-методической конференции 11-12 апреля 2017 г. / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2017. 1142 с. С.1002-1007.
5. В.П. Афанасьев, Д.А. Чигирев, Н.С. Пшелко, Н.П. Сидорова. Влияние постоянного электрического поля на процессы осаждения тонких металлических пленок платины методом ионно-плазменного распыления // Известия ВУЗов России. Радиоэлектроника. 2010 г. Вып.6. С.59-65.

6. Г.Л. Спичкин, Е.К. Чистов, Н.С. Пшелко, А.Г. Сырков. Модификация поверхности материалов обработкой в плазме низкотемпературного объемного разряда // Цветные металлы. 2009 г. № 12, С. 61-66.
7. Пшелко Н.С., Шаппо С.Э. Использование модифицированных поверхностей для улучшения адгезии к металлической части зубных протезов // Биотехносфера, № 4(34)/2014. С. 19-25.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СЛОИ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Р.С. СМЕРДОВ

Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. В исследовании обсуждается возможное применение полупроводниковых материалов для создания электродов с низкой работой выхода электронов с поверхности для энергетических систем, использующих явление фотонно-усиленной термоэлектронной эмиссии (РЕТЕ) а также синтеза термоэлектронных преобразователей. Проведено исследование наноструктурированных композиционных слоев пористого кремния / серебра (ПК / Ag) методом спектроскопии комбинационного рассеяния. Выявленные эффекты позволяют интерпретировать влияние функционализирующих наночастиц серебра и параметров синтеза на структуру и свойства композиционного материала.

Ключевые слова: пористый кремний наночастицы серебра, анодирование, РЕТЕ, солнечные концентраторы.

Преобразование солнечной энергии может быть реализовано одним из двух подходов: «квантовым» подходом в фотоэлементах, позволяющих использовать энергию солнечного излучения для возбуждения электронов, или «тепловым» подходом, для которого используется концентрированный солнечный свет в качестве источника тепловой энергии для генерации с использованием теплового двигателя. Комбинация двух подходов на практике быстро теряет эффективность как при повышении (деградация фотоэлементов), так и при понижении (снижение КПД тепловых двигателей) рабочих температур. Системы на основе явления фотонно-усиленной термоэлектронной эмиссии позволяют преодолеть указанные недостатки за счет одновременной реализации фотовольтаического и термоэлектронного эффектов, позволяющей использовать как квантовые, так и тепловые механизмы в одном физическом процессе [1].

Предложенное устройство основано на явлении термоэлектронной эмиссии фотовозбужденных электронов из полупроводникового катода при высокой температуре. Солнечный преобразователь будет работать при температурах, превышающих 200° С, что позволяет использовать тепловую энергию для реализации процесса термоэлектронной эмиссии, повышая теоретическую эффективность комбинированного преобразования до значений порядка 50% [1].

Возможность синтеза систем на основе РЕТЕ с полупроводниковыми (GaN) электродами была продемонстрирована в [1], однако количество падающих фотонов с энергиями, превышающими ширину запрещенной зоны GaN ($E_g = 3,3$ эВ), составляет менее 1% от их общего числа. В связи с этим перспективными представляются исследования пористого кремния (ПК), а также композиционных структур на основе ПК для последующего синтеза электродов, поскольку модификация ширины запрещенной зоны таких материалов возможна в широком диапазоне от 1 до 3 эВ благодаря наличию эффекта квантового ограничения [2] а также значительным возможностям по функционализации поверхности [3, 4, 5].

Синтез анодов для энергетических систем на основе термоэлектронной эмиссии требует создания материалов с низкой работой выхода электронов с поверхности (фа). Проблема снижения фа традиционно решается за счет использования щелочных и щелочно-земельных металлов, в частности цезия (Cs) [6]. Аноды, основанные на вольфраме, покрытом цезием, традиционно используются из-за высокой термической стабильности и относительно низкой работы выхода (1,7 эВ). Использование никелевого анода, покрытого слоями графена, интеркалированного атомами цезия, позволило получить беспрецедентное снижение работы выхода электронов с поверхности материала (фа < 1 эВ) и, как следствие, трехкратное увеличение эффективности преобразования энергии (до 25%) [6].

Осаждение щелочных и щелочноземельных металлов не является единственным методом модификации работы выхода полупроводниковых материалов. В частности, перспективным является использование в качестве снижающих работу выхода материалов на основе функционализированного (в том числе наночастицами серебра и фуллеренолами C60 – Ag) ПК, обладающих высоким сродством к электрону.

Исследование композиционного материала ПК/Ag методом Рамановской спектроскопии позволило охарактеризовать структуру полученного материала. Матрица кремния до осаждения функционализирующих частиц серебра аналогична структуре монокристаллического кремния. Осаждение наночастиц серебра приводит к деформации решетки кремния, кроме того, процесс осаждения серебра на поверхности ПК-матрицы приводит к образованию нанокристаллов кремния, сопровождаемому сдвигом пика, соответствующего монокристаллическому кремнию (521 см^{-1}), в сторону более низких энергий. Расчет характерных размеров нанокристаллов Si ведется в соответствии с теорией Cardona [7], в зависимости от времени анодирования кремниевой матрицы. Характер низкоэнергетических полос связан с образованием наночастиц серебра (диаметром 0,7 нм) внутри пор на поверхности кремниевой матрицы. Таким образом, увеличение времени анодирования ПК приводит к увеличению толщины пористого слоя, а также диаметра пор.

Технологическая часть работы проведена доцентом кафедры МНЭ Ю.М. Спивак в УНЛ «Наноматериалы» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), измерение Рамановских спектров ПК / Ag проведено в ООО НТЦ тонкопленочных технологий при ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН В.С. Левицким.

Список литературы

1. Schwede J.W., Bargatin I., Riley D.C., Hardin B.E., Rosenthal S.J. / Photon-enhanced thermionic emission for solar concentrator systems // *Nature Materials*. – 2010. – Vol. 9 – P.762-767.
2. Nolan M., O'Callaghan S., Fagas G., Greer J.C. / Silicon nanowire band gap modification // *Nano Lett.* – 2007. – Vol. 7. – N 1. – P. 34-38.
3. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions / Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov et al. // *J. of Nanomaterials*. – 2016. – V. 2016. – 8 p.
4. Mustafaev A., Smerdov R., Klimenkov B. / Semiconductor nanostructures for plasma energetic systems // *Bulletin of the American Physical Society*. – 2017. – Vol. 62 – N 12.
5. Заграждающий фильтр видимого и ближнего ультрафиолетового диапазона для флуоресцентного микроскопа на основе явления плазмонного резонанса / Р. С. Смердов, В. В. Лобода, Ю. М. Спивак, В. А. Мoshnikov // *НТБ СПбГПУ. ИТУ*. – 2016. – Т. 3. – С. 13 – 22.
6. Mustafaev A.S., Polishchuk V.A., Tsyganov A.B., Yarygin V.I., Petrov P.A. / Effects of graphite intercalation with cesium in a thermionic converter // *Russian Journal of Physical Chemistry B*. – 2017. – Vol. 11. – N. 1. – P. 118–120.

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ АКТЮАТОРОВ НА ОСНОВЕ ИПМК

Д.О. ТЕСТОВ, И.К. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Исследуется эффект памяти формы для микромеханических актюаторов на основе электроактивных полимеров. Показано, что ионные полимер-металлические композиты, изготовленные из ионообменной мембраны Nafion обладают эффектом памяти формы, что может быть использовано для расширения диапазона использования ИПМК-актюаторов. При этом следует учитывать, что эти эффекты изменяют актюацию под действием температуры и, следовательно, они должны быть приняты во внимание в тех случаях, когда ИПМК используются при повышенных температурах.

Ключевые слова: микромеханический актюатор, ИПМК, память формы, ионообменная мембрана, электрод.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ (проект № 16-19-00107).

Основными критериями выбора типа движителя для микроробототехнических ии микробионических систем являются его технологичность, энергоэффективность и возможность создания больших усилий и перемещений. В последнее время особое внимание привлекли актюаторы на основе ИПМК [1], за счет низкого управляющего напряжения и больших отклонений [2]. Ионные полимер-металлические композиты представляют собой синтетические композитные наноматериалы, которые состоят из ион-обменного полимера, поверхность которого покрыта с обеих сторон проводящим металлом. Приложение электрического поля вызывает механические деформации актюатора. И, наоборот, механические деформации материала вызывают измеримый электрический сигнал. Таким образом, ион-обменные полимеры могут быть использованы как в качестве сенсоров, так и актюаторов [3].

Использовалась перфторированная ионообменная мембрана Nafion® 117, которая представляет собой сополимер тетрафторэтилена и сомономера, имеющего боковые цепи перфторированного винилового эфира, оканчивающиеся сульфогруппами (рис. 1) [4].

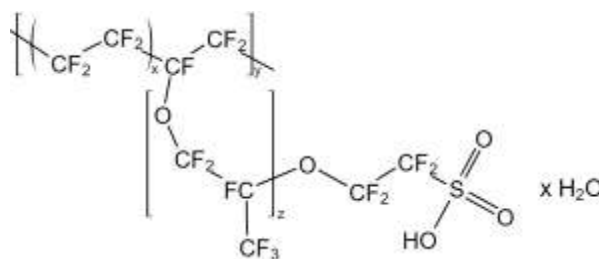


Рис. 1. Структурная формула Nafion® 117

Основной способ изготовления электродов — это нанесение путем химического восстановления из раствора платины [3, 5]. Процесс осуществляется по двум стадиям. На первой стадии ионный полимер погружается в раствор соли Pt(NH₃)₄Cl₂, чтобы позволить катионам, содержащим платину, диффундировать в мембрану с помощью процессов ионного обмена. Затем проводится осаждение платины под действием раствора

боргидрида натрия NaBH_4 . При этом внутри мембраны Nafion получается сильно диспергированный металлический слой. На второй стадии происходит рост металлических электродов на поверхности мембраны при осаждении платины из раствора, содержащего соль $\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ и смесь гидразина H_2NNH_2 и гидраксиламина NH_2OH . Повторенным проведением второй стадии можно уменьшить сопротивление электродов.

Принцип работы ИПМК-актюаторов основан на движении заряженной жидкости в мембране под действием электрического поля. Движение ионов одного знака в мембране под действием внешнего электрического поля приводит к появлению электроосмотического потока жидкости от анода к катоду, в следствии чего у одного из электродов возникает избыточное давления жидкости. Таким образом, разность давлений на электродах приводит к деформации актюатора [6].

Ряд методов был разработан, чтобы настроить срабатывание ИПМК после их изготовления, в том числе изменение типа катиона [7] и сегментирование поверхности электродов [8]. Эти методы имеют ограниченное влияние на фундаментальные характеристики биполярного возбуждения вокруг центрального положения покоя. Кроме этого было показано, что ИПМК на основе Nafion наряду с их электромеханическим возбуждением, также демонстрируют эффекты памяти формы [9]. Эти эффекты имеют потенциал, чтобы преодолеть некоторые ограничения обычных ИПМК. Полимеры с памятью формы обладают способностью запоминать форму или деформации и, чтобы вернуть их к первоначальной форме подвергают воздействию света или тепла.

Для исследования эффекта памяти формы ИПМК была выбрана ионообменная мембрана Nafion, толщиной 175 мкм, ввиду оптимальности параметров генерации усилия и гибкости конечного актюатора. Программирование памяти формы может быть достигнуто за счет внешней механической деформации и, что более важно, с помощью внутренней электромеханической активации самого ИПМК.

Сухой Nafion-117 может быть запрограммирован на "запоминание" формы в диапазоне температур $\sim 55\text{--}130\text{ }^\circ\text{C}$. Программирование формы достигается за счет охлаждения на заданную температуру фиксации деформированного в нужную форму актюатора. Последующее нагревание приводит к восстановлению запрограммированной формы.

Основное преимущество Nafion по сравнению с большинством других материалов, обладающих эффектом памяти формы, в том, что из-за очень широкого диапазона перемещения и из-за его широкого обратимого фазового перехода, он может быть запрограммирован на большее количество уникальных форм, каждая из которых восстанавливается при различной температуре. Программирование большого количества форм достигается за счет деформации материала в различные формы по мере того, как он постепенно охлаждается. Восстановление различных форм затем происходит по мере нагревания материала рядом переходных температур.

Таким образом на примере спиральной деформации было показано, что если по мере охлаждения актюатора устанавливать некие температурные значения, при прохождении которых мы изменяем диаметр стеклянной трубки, вокруг которой накручен зафиксированный деформированный актюатор, то при последующем нагревании при нагревании до различных температур актюатор будет восстанавливаться в соответствующие запрограммированные формы.

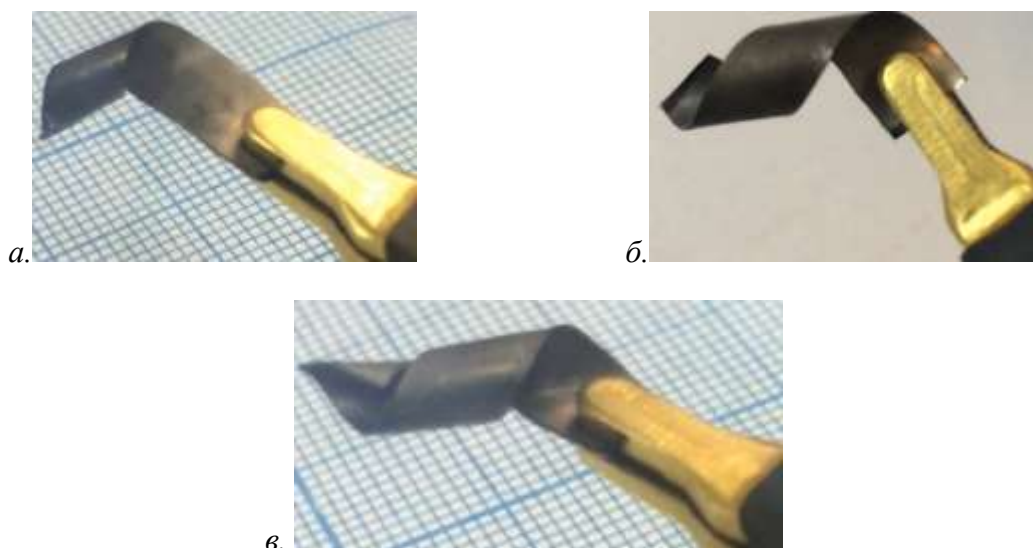


Рис. 2. Реакция актюатора на подаваемое электрическое поле (*а* – $+2,5$ В, *б* – 0 В, *в* – $-2,5$ В).

На рис. 3 показана блок-схема стенда для исследования ИПМК-актюаторов. На исследуемый образец через щупы Кельвина подается напряжение от генератора сигналов «Aligent 33500B». С помощью лазерного измерителя перемещения «L-GAGE» измеряется деформация изгиба актюатора. Изображение выводится на подсоединенный к лазерному измерителю перемещения осциллограф «Agilent DSOX3014A».

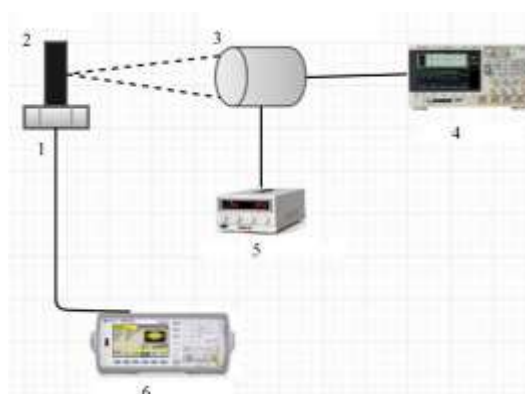


Рис. 3. Блок-схема стенда для исследования ИПМК-актюаторов
1 – щупы Кельвина, 2 – образец, 3 – лазерный измеритель перемещения, 4 – осциллограф, 5 – источник питания, 6 – генератор сигнала.

После восстановления исходное положение восстанавливалось, с некоторым остаточным удержанием формы, как правило 17-27%. Применяя небольшое электрическое воздействие во время восстановления, можно достичь полной релаксации. Также запомненная форма изменяет поведение актюатора при приложении электрического поля. При приложении электрического поля к актюатору он начинает сгибаться-разгибаться в одной плоскости, а в случае запомненной формы актюатор будет деформироваться относительно оси деформации. В случае спирали актюатор скручивался и раскручивался при приложении электрического поля, в зависимости от амплитуды актюатор восстанавливался на 80-95%.

Таким образом было показано, что ионные полимер-металлические композиты, изготовленные из ионообменной мембраны Nafion обладают эффектом памяти формы, что

может быть использовано для расширения диапазона использования ИПМК-актюаторов. При этом следует учитывать, что эти эффекты изменяют актюацию под действием температуры и, следовательно, они должны быть приняты во внимание в тех случаях, когда ИПМК используются, при повышенных температурах.

Список литературы

1. Каленов В.Е., Бройко А.П., Корляков А.В., Хмельницкий И.К., Чигирев Д.А., Быков Ю.О., Лагош А.В., Крот А.И.. Микродвижители для микроробототехники // Нано и микросистемная техника. 2013, №12(161). С.41-46.
2. Shahinpoor M., Kim K.J., “Ionic polymer-metal composites: I. Fundamentals”, Smart Mater Struct, vol. 10, 2001, pp 819-833.
3. Корляков А.В., Лучинин В.В., Хмельницкий И.К., Бройко А.П., Верещагина Л.О., Каленов В.Е., Лагош А.В., Крот А.И., Рыжкова А.В. Актюаторы на основе ионных полимер-металлических композитов [Текст] // Нано и микросистемная техника. 2016, Т. 18 № 5. С. 277-285.
4. Корляков А.В., Хмельницкий И.К., Бройко А.П., Верещагина Л.О., Каленов В.Е., Крот А.И., Лагош А.В., Перцова А., Рыжкова А.В. Разработка микроактюаторов на основе электроактивных полимеров для биомиметических робототехнических систем // Биотехносфера. 2015. № 6. С. 41–47.
5. Khmel'nikskiy I.K., Vereshagina L.O., Kalyonov V.E., Broyko A.P., Lagosh A.V., Luchinin V.V., Testov D.O. Improvement of manufacture technology and research of actuators based on ionic polymer-metal composites // J. Phys.: Conf. Ser. 2017. V. 857 012018
6. Хмельницкий И.К., Алексеев Н.И., Бройко А.П., Городилов В.В., Каленов В.Е., Корляков А.В., Лагош А.В., Лучинин В.В. Исследование электромеханических ИПМК-сенсоров // Нано- и микросистемная техника. 2018. № 1. С. 58–64.
7. Kamamichi N, Yamakita M, Kozuki T, Asaka K, Luo Z W. Doping effects on robotic systems with ionic polymer-metal composite actuators Adv. Robot. 2007 V. 21. P. 65–85
8. Rossiter J.M. and Mukai T. 2011 Electrostatic and thermal segmentation of multi-segment IPMC sensor-actuators Proc. SPIE 7976 1–8
9. Rossiter J., Takashima K., Mukai T.. Shape memory properties of ionic polymer-metal composites Smart Mater. Struct. 2012. V. 21. P. 112002

ИССЛЕДОВАНИЕ 0D-, 1D- И 2D-НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ОБЪЕМНЫХ ИНДИКАТРИС СТАТИЧЕСКОГО СВЕТОРАССЕЯНИЯ

Е.М. ТИХОМИРОВ¹

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) СПбГЭТУ

Аннотация. В данной статье рассматривается изучение свойств 0D-, 1D-, 2D-структур. Исследование проводилось с помощью аппаратного комплекса, реализующего метод объемных индикатрис статического светорассеяния. В качестве 0D-структур были выбраны коллоидные квантовые точки CsPbBr₃ и наночастицы Ag в органическом и водном растворах соответственно. В качестве 1D-структур исследовались образцы наностержней ZnO с различным временем нанесения зародышевого слоя и синтеза наностержней. 2D-структуры были представлены одномерными фотонными кристаллами с различными значениями фотонной запрещенной зоны.

Ключевые слова: индикатрисы, статическое светорассеяние, интенсивность рассеянного света, нанотехнологии, наноструктурированный материал

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, проект № 0033627.

Исследование 0D-структур. Коллоидный раствор квантовых точек CsPbBr₃

Для исследования свойств наноструктурированных материалов использовался метод объёмных индикатрис статического светорассеяния, реализованный с помощью разработанного аппаратного комплекса на основе устройства для изучения графиков интенсивности рассеянного света в плоскости [1]. Особенностью данного метода является возможность получения объёмных графиков интенсивности рассеянного света без контакта с образцом, что препятствует разрушению нанесенной структуры и позволяет проводить исследование коллоидных растворов.

В качестве экспериментального образца для исследования полупроводниковых нанокристаллов был выбран коллоидный раствор квантовых точек CsPbBr_3 . Размер исходных частиц составляет ~ 15 нм.

Процесс исследования заключался в изучении изменения рассеяния света в зависимости от концентрации квантовых точек в растворе. Для этого было проведено сравнение объёмных индикатрис (рисунок 1), полученных при исследовании высококонцентрированного раствора квантовых точек и растворителя (толуола).

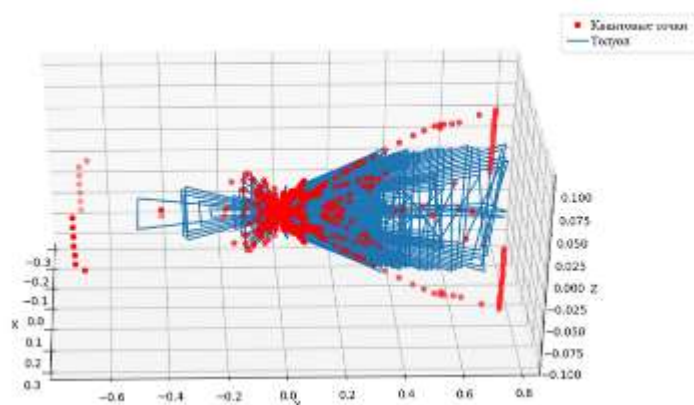


Рис. 1. Сравнение объёмных индикатрис

При сравнении графиков видно, что раствор квантовых точек обладает большим рассеянием в отрицательной области оси Y и по оси Z, но отклонения незначительны и форма индикатрис осталась неизменной, что говорит о весомом вкладе толуола в рассеяние раствора и делает невозможным исследование зависимости рассеяния света от концентрации квантовых точек. Однако в случае направленной агрегации частиц в растворе значение интенсивности рассеянного света резко возрастает, что связано с увеличением размера частиц. По проведенному качественному анализу можно определить степень агрегации и проследить тенденцию увеличения размера частиц.

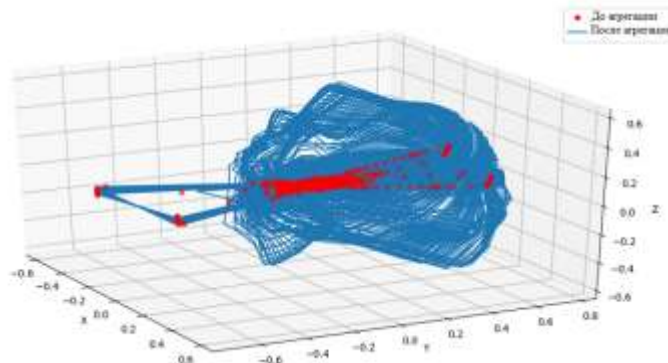


Рис. 2. Сравнение объёмных индикатрис до и после агрегации частиц

Исследование 0D-структур. Водный раствор наночастиц Ag

Эксперимент по изучению зависимости интенсивности рассеянного света коллоидного раствора от концентрации содержащихся наночастиц проводился в несколько этапов с различным соотношением растворителя и наночастиц Ag (таблица 1).

Таблица 1

№	Доля Ag, %	Доля H ₂ O, %
1	100	0
2	0	100
3	75	25
4	56,25	43,75
5	42,19	57,81
6	31,75	68,25
7	23,8	76,2

Для каждого соотношения были получены объемные индикатрисы светорассеяния. Из исследования полученных графиков удалось определить, что доля растворителя не вносит весомого вклада в изменение формы индикатрисы.

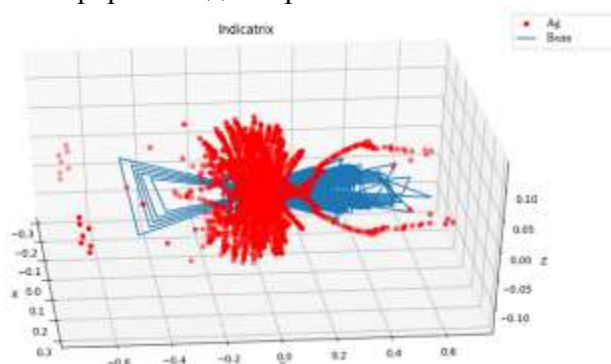


Рис. 3. Сравнение индикатрис светорассеяния для наночастиц Ag и воды при доле Ag 56,25%

Значительнее всего интенсивность рассеянного света изменяется при положении измерительного элемента в положении 45° относительно образца. Для этой позиции были получены индикатрисы в полярной системе координат для всех этапов эксперимента, анализ которых показал, что интенсивность рассеянного света уменьшается с уменьшением концентрации наночастиц Ag. Также стоит отметить сохранение формы индикатрисы, что дает возможность исключить возможность изменения размеров частиц в растворе, их агрегацию и попадание инородных компонентов в раствор в ходе проведения эксперимента.

Исследование 1D-структур. Наностержни ZnO

В качестве исследуемой структуры, состоящей из одномерных объектов, были выбраны наностержни ZnO, полученные низкотемпературным гидротермальным синтезом на зародышевых слоях, нанесенных методом ультразвукового спрей-пиролиза [2]. В зависимости от длительности нанесения зародышевого слоя изменяется морфология покрытия, что сказывается на интенсивности рассеянного света и форме индикатрис.

В ходе эксперимента были исследованы образцы со временем нанесения зародышевого слоя 30 и 60 мин и со временем гидротермального синтеза наностержней - 45 мин. Далее были получены объемные индикатрисы для каждого образца и проведено их сравнение.

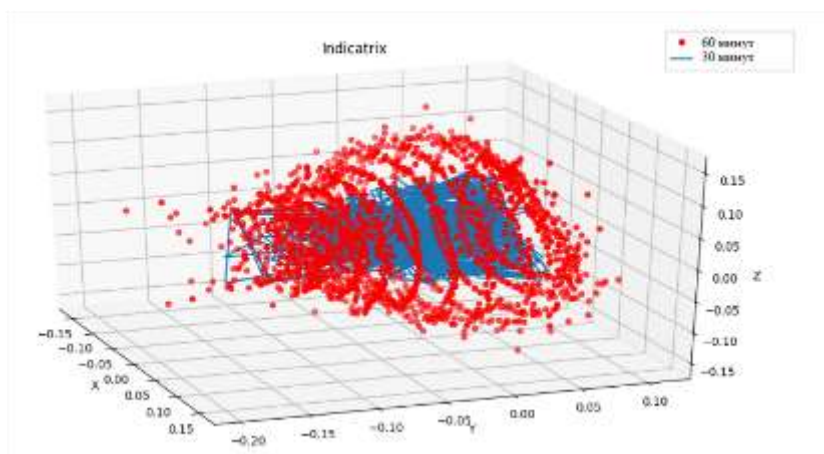


Рис. 4. Сравнение объемных индикатрис структур с различным временем нанесения зародышевого слоя

Из рисунка видно, что образец со временем нанесения зародышевого слоя 60 мин. рассеивает свет интенсивнее. Кроме этого, было изучено влияние на интенсивность рассеяния света времени синтеза наностержней. Исследования проводились для образцов со временем синтеза 15, 37 и 45 мин., для которых характерен различный диаметр наностержней, которое показало незначительное изменение объемных индикатрис, из чего можно сделать вывод, что влияние времени нанесения зародышевого слоя вносит больший вклад в изменение морфологии поверхности.

Исследование 2D-структур. Одномерные фотонные кристаллы

В качестве образцов для эксперимента были выбраны одномерные фотонные кристаллы на основе оксидов кремния и титана [3], полученные методом золь-гель-технологии [4], в качестве подложек использовалось предметное стекло. Исследованные образцы обладают фотонной запрещенной зоной с минимумами пропускания на 550 нм и 650 нм. Измерения спектра пропускания для образцов проводилось с помощью спектрофотометра ПЭ-5400УФ. Из полученных зависимостей (рисунок 5) видно различие в значении коэффициента пропускания для образцов. Спад пропускания в УФ области объясняется использованием предметного стекла в качестве подложки. Данные зависимости являются характерными для исследуемых одномерных фотонных кристаллов [5].

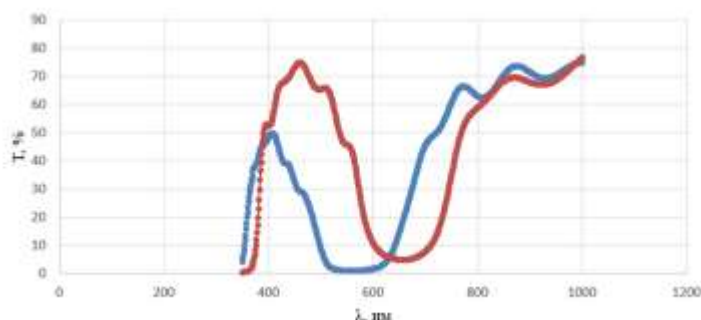


Рис. 5. Спектр пропускания для фотонных кристаллов с минимумом пропускания на 550 нм и 650 нм

Последующие измерения проводились методом объемных индикатрис рассеяния света (рисунок 6). В качестве источника излучения используется лазер с длиной волны излучения 650 нм, соответствующей стоп-зоне одного из фотонных кристаллов.

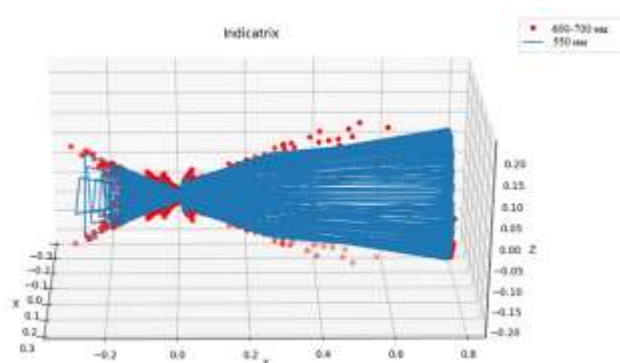


Рис. 6. Объемные индикатрисы для фотонных кристаллов с фотонной запрещенной зоной 550 нм и 600–700 нм

Изучив полученные графики, можно увидеть высокую степень пропускания по оси Y для обоих образцов, однако для образца со значением 650 нм пропускания по оси Z выше. Также образец с минимумом пропускания на 550 нм обладает максимальной пропускающей способностью для лазерного излучения, а для образца с фотонной запрещенной зоной в области 600–700 нм характерно высокое значение отраженного рассеянного света и небольшой пик в пропускании света, объясняющийся ненулевым значением коэффициента пропускания в области стоп-зоны.

Список литературы

1. Устройство для исследования материалов методом индикатрис светорассеяния // Патент РФ № 167044. 2016. / Мошников В.А., Максимов А.И., Александрова О.А., Матюшкин Л.Б., Рябко А.А.
2. Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов / Н.А. Лашкова, А.И. Максимов, А.А. Рябко [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2016. Т. 50, № 9. С. 1276–1282
3. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М., 2012. с. 331
4. Основы золь-гель-технологии нанокompозитов / А.И. Максимов, В.А. Мошников, Ю. М. Таиров [и др.]. СПб.: «Элмор», 2007. 255 с.
5. Photonic crystals: molding the flow of light / John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn [и др.]. 2011. с. 286.

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРНОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТЫХ ГРЕЛОК

А.М. ТРИГУБА, К.А. ЦОЙ, А.А. ПОНОМАРЕВА

Дальневосточный Федеральный Университет

Аннотация. В работе показано, что использование наночастиц диоксида церия в качестве катализатора горения на поверхности сферического пористого насадка газовой горелки позволяет увеличить мощность горелки на 20 % с сохранением экологических характеристик.

Ключевые слова: пористая горелка, катализатор, диоксид церия.

При внедрении перспективного теплотехнического оборудования для нужд малой распределенной энергетики создаются новые пористые газовые горелки. Для увеличения мощности и сохранения экологических характеристик в норме (таких как, например CO и

др.) применяют катализаторы, например, диоксид церия (CeO_2). Наноразмерный оксид церия (CeO_2) является одним из важнейших наноматериалов, который находит широкое применение в различных областях промышленности вследствие своих уникальных физико-химических свойств, в том числе механической твердости, химической инертности, жаростойкости, высокой кислородной проводимости и др. Наночастицы оксида церия применяются в катализе, используются как компоненты солнечных ячеек, топливных элементов, находят применение в люминесцентных преобразователях, абразивах, газовых сенсорах, фильтрах и др.

В ходе исследования проведены два эксперимента с использованием пористой горелки. Пористая горелка относится к устройствам, в которых существенная часть химической энергии газообразного топлива превращается в энергию электромагнитного излучения преимущественно в инфракрасной области спектра. Принципиальная схема радиационной газовой горелки приведена на рис. 1.

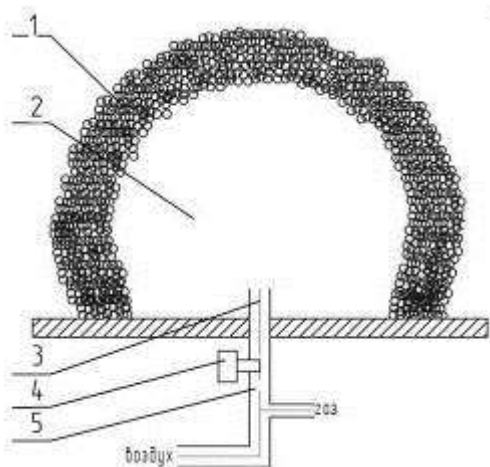


Рис. 1 Принципиальная схема радиационной газовой горелки.

На рис.1 показана схема газовой горелки. 1 – пористый жаропрочный сферический насадок; 2 – полость пористого жаропрочного сферического насадка; 3 – горловина; 4 – свеча зажигания; 5 – зона подачи топлива и воздуха.

Природный газ сжигали в пористой горелке, сначала без нанесения катализатора. Показания CO , CO_2 , O_2 , NO_x снимали с 3 точек пористой горелки с помощью газоанализатора АГМ-510 (НПЦ Аналитех). Затем был нанесен золь-гель методом катализатор. И снимали показания с той же горелки, но с использованием катализатора на основе CeO_2 .

На диаграмме показано, влияние катализатора на мощность горелки и диапазон регулирования.

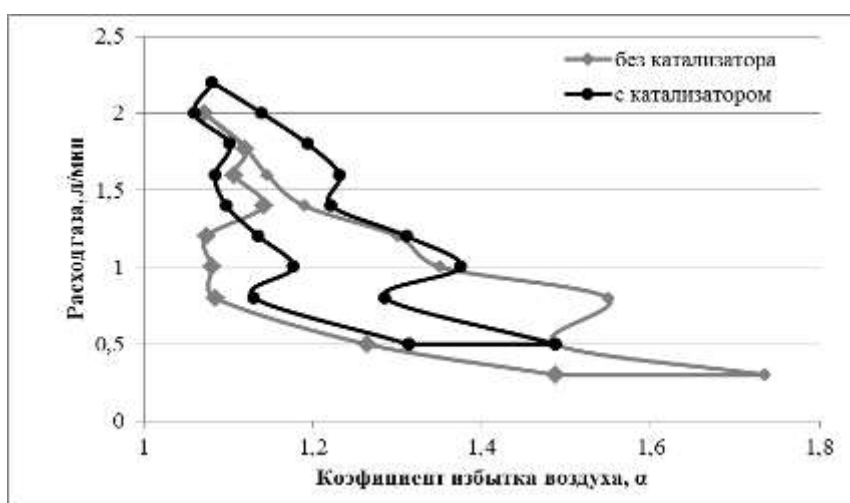


Рис. 2. Диапазон регулирования пористой горелки.

На рис. 2 представлены кривые, которые ограничивают области рабочих параметров, при которых концентрация CO не превышает 300 ppm по ГОСТ Р 55173-2012 (для газа и мазута - 300 мг/м³ при нормальных условиях (температура 0°C и давление 101,3 кПа))[2]. Как видно из диаграммы, нанесение катализатора на пористый материал приводит к следующим преимуществам:

- 1) Повышает экологическую эффективность.
- 2) Дает возможность увеличить мощность горелки примерно на 20% при этом сохранить экологические характеристики в норме.

Список литературы

1. Патент: RU 2640305- Минаев С.С., Гушин А.Н., Цой К.А., Гушин Д.А., Кирдяшкин А.И., Штым К.А., Мазной А.С., Филиппов Д.А..
2. ГОСТ Р 55173-2012 Установки котельные. Общие технические требования.

ОЦЕНКА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ МЕЗОПОРИСТЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ СОРБЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

К.Н. ХАЛУГАРОВА, Е.В. МАРАЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Работа посвящена оценке возможности определения фрактальной размерности мезопористой структуры на основе данных о процессах адсорбции-десорбции инертных газов в пористых наноматериалах. В качестве объектов исследования выбраны порошки на основе металлооксидов и биосовместимый порошок гидроксиапатита кальция.

Ключевые слова: адсорбция, десорбция, фрактальная размерность

Несмотря на большую популярность мезопористых материалов, в настоящее время остаются нерешенными многие вопросы их исследования, описания и сравнения, в частности, задача оценки их фрактальности. Целью работы, представленной в докладе, являлась обработка изотерм адсорбции-десорбции на примерах нанокompозита на основе диоксидов кремния и олова состава 85% SiO₂ – 15% SnO₂ и гидроксиапатита кальция (ГАП) для оценки фрактальной размерности. В основе анализа была положена методика,

предложенная авторами работы [1]. В данной работе был рассмотрен термодинамический метод фрактального анализа, относящийся к адсорбционным данным пористых твердых частиц (метод НК (Неймарк–Киселева)).

Выбор материалов для исследования связан с возможностью регулирования параметров пористой структуры в золь-гель системе «диоксид кремния - диоксид олова», их широким спектром применения в сенсорике газовых сред, катализе. В свою очередь, синтетические гидроксиапатиты известны своими высоко химической и термической устойчивостью, уникальными сорбционными свойствами, биологической совместимостью. Основными элементами костной и зубной ткани человеческого организма являются кальций и фосфор, поэтому гидроксиапатит применяется для лечения и устранения их дефектов [2].

Согласно [1], Неймарк предложил описание взаимосвязи между нанесенной поверхностью границы конденсат-пар при относительном давлении и её радиуса искривления r_c , где каждые данные точки изотермы отражают изменение измеряемого свойства (поверхности) с действующим критерием r_c .

В этом приближении r_c приравнивается к радиусу Кельвина убывающего/возрастающего мениска жидкости, находящейся в мезопорах. Уравнение Кельвина для жидкости в капилляре выглядит так:

$$r_c = r_k = \frac{-2\sigma V_l}{RT \ln \frac{P}{P_0}}$$

где r_k – радиус Кельвина, σ – поверхностное натяжение в газожидкостном взаимодействии, V_l – молярный жидкостный объём адсорбированной фазы, P/P_0 – относительное давление эксперимента.

Если у анализируемого материала мезопоры определённого размера, в изотерме есть характерный шаг, связанный с капиллярной конденсацией газа в пористой системе.

Учитывая, что при процессах адсорбции/десорбции поры характеризуются не только радиусом Кельвина, но и изменяющейся статистической толщиной t адсорбированных слоев, более реалистичное описание имеет вид:

$$r_c = r_k + t = \frac{-2\sigma V_l}{RT \ln \frac{P}{P_0}} + \left[\frac{13.99}{0.034 - \log \frac{P}{P_0}} \right]^{1/2} \quad (1)$$

В действительности эти условия применимы только для пор размером больше 2 нм; для анализа микропор и других предположений относительно заполнения адсорбата, поверхностного натяжения жидкости и плотности адсорбированной фазы такое описание становится довольно неточным. Таким образом, методы, основанные на уравнении Кельвина, ограничены по анализу масштабам мезопор. Следующий шаг вычисляет некоторую величину, связанную с областью этой границы раздела из эксперимента адсорбции. Процесс адсорбции управляется потенциалом адсорбции μ , который при любом относительном давлении имеет вид:

$$\mu \left(\frac{P}{P_0} \right) = -RT \ln \frac{P}{P_0}$$

Однако не только потенциал изменяется с P/P_0 , но также и площадь границы раздела (газ-жидкость). Избыточная площадь поверхности $S_e(P/P_0)$ определяется как разница между площадью границы раздела при насыщении и площадью границы раздела при P/P_0 .

Эта установленная функция адсорбированного материала может быть вычислена согласно интегралу уравнения Киселева:

$$S_e \left(\frac{P}{P_0} \right) = \frac{RT}{\sigma} \int_{N(\frac{P}{P_0})}^{N_0} \ln \frac{P}{P_0} dN \left(\frac{P}{P_0} \right), \quad (2)$$

где N_0 относится к количеству (моли) газа, адсорбированного в предельном значении $\mu=0$, т.е. при $P/P_0=1$. По типичной изотерме адсорбции азота значения S_e и r_c могут быть вычислены из уравнений (2) и предположения, что измеренное свойство пропорционально отклику в степени $(2-D_f)$, где D_f – фрактальная размерность; и изображены на графике в логарифмическом масштабе, идеально описывая прямую линию наклона $(2-D_f)$. Это классический термодинамический метод Неймарка без незначительной обработки уравнения (1).

Основная проблема метода НК в том, что он не учитывает, что измеренный поверхностный избыток не может измениться без пропорционального изменения в трехмерном объеме, который охватывает фрактальную границу раздела. Так как фрактальная граница раздела распространяется по трехмерному пространству, необходимо учитывать другую поправку уравнения (1), которая учитывает изменение объема адсорбированной фазы во время эксперимента. Согласно авторам Ванг и Ли, трехмерный объем V занят фрактальной поверхностью S_f удовлетворяя выражению:

$$(S_f)^{\frac{1}{D_f}} \propto (V)^{1/3}$$

Так как S_e это разница между величиной в насыщении и при определенном относительном давлении на изотерме, объем, который охватывает фрактальную поверхность, также изменяется от объема, адсорбированного в насыщении, к объему, адсорбированного при таком относительном давлении. Ванг и Ли использовали зависимость $\Delta V(P/P_0)$, определенного здесь как разница объемов между насыщением и значением при относительном давлении, чтобы внести эту поправку в уравнение (1). Учитывая это, уравнение фрактального анализа наконец принимает вид:

$$S_e(r_c) = k r_c^{(2-D_f)} \left(\Delta V \left(\frac{P}{P_0} \right) \right)^{\frac{D_f}{3}} \quad (3)$$

где k – геометрическая константа, не влияющая на угол наклона прямой при анализе. Разделим уравнение (3) на r_c^2 :

$$\frac{S_e(r_c)}{r_c^2} = k \left(\frac{(\Delta V(\frac{P}{P_0}))^{1/3}}{r_c} \right)^{D_f} = k(X)^{D_f} \quad (4)$$

Термин в скобках обозначен X для удобства и может быть вычислен по данным изотермы с учетом уравнения (1). Левая часть уравнения (4) может быть вычислена из уравнения (2) с учетом уравнения (1), и быть представлена в виде:

$$\frac{S_e(r_c)}{r_c^2} = \frac{RT}{\sigma} \frac{\int_{N(\frac{P}{P_0})}^{N_0} \ln \frac{P}{P_0} dN(\frac{P}{P_0})}{r_c^2} = \frac{RT}{\sigma} Y \quad (5)$$

Интегральное выражение, разделенное на r_c^2 , обозначено Y для удобства. Так как левые части уравнений (4) и (5) одинаковы, то приравняв их, график зависимости логарифмов Y и X должен дать прямую линию наклона D_f .

Для исследования был выбран наноккомпозит на основе диоксидов кремния и олова состава 85% SiO_2 – 15% SnO_2 , полученный по технологии, представленный в работе [3], а также образец биосовместимого наноматериала на основе гидроксиапатита кальция. По графику изотермы адсорбции были получены данные относительных давлений (P/P_0) и объемов (V). Исследования проводились при температуре 77 К.

Воспользовавшись уравнением (1), рассчитался радиус искривления с учетом радиуса Кельвина и изменения статистической толщины t адсорбированных слоев.

Приравняв правые части уравнений (4) и (5), получили такую зависимость:

$$D^f = \frac{\ln\left(\frac{RT}{\sigma} Y\right)}{\ln X}$$

Полученные значения расчетов указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Полученные и рассчитанные данные для нанокompозита на основе диоксидов кремния и олова и гидроксиапатита

p/p ₀	r _c , Å	lnY		lnX		D _f	
		SiO ₂ +SnO ₂	ГАП	SiO ₂ +SnO ₂	ГАП	SiO ₂ +SnO ₂	ГАП
0,06	1,6809	-6,1751	-7,6659	-2,1198	-2,6167	2,9131	2,9296
0,09	1,9640	-6,6961	-8,1624	-2,2934	-2,7822	2,9197	2,9338
0,15	2,4928	-7,4825	-8,9194	-2,5556	-3,0345	2,9279	2,9393
0,2	2,9383	-8,0090	-9,4353	-2,7311	-3,2065	2,9325	2,9425
0,3	3,9279	-8,9809	-10,3602	-3,0550	-3,5148	2,9397	2,9476
0,4	5,1611	-9,9049	-11,2315	-3,3631	-3,8052	2,9452	2,9516
0,5	13,2846	-12,2007	-13,4582	-4,3504	-4,7696	2,8045	2,8217
0,6	16,6524	-13,1211	-14,2810	-4,6308	-5,0175	2,8334	2,8463
0,7	21,8646	-14,3684	-15,3283	-5,0176	-5,3376	2,8636	2,8718
0,8	31,5307	-16,0564	-16,7683	-5,5460	-5,7833	2,8951	2,8994
0,9	58,1289	-19,2688	-19,5665	-6,5705	-6,6698	2,9326	2,9336
0,93	79,7780	-20,4667	-21,9700	-6,9511	-7,4522	2,9444	2,9481

На рисунках 1-4 представлены исходные изотермы адсорбции, применяемые для анализа, и графическое отображение результатов расчетов по формулам (1-5).

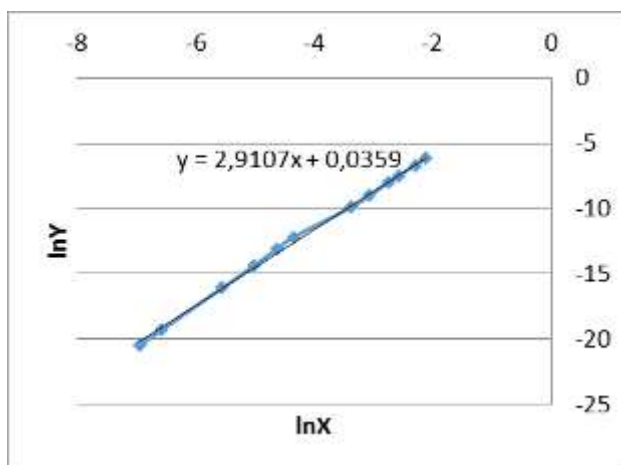


Рис.1. График зависимости $\ln Y(\ln X)$ для образца состава 85% SiO₂ – 15% SnO₂

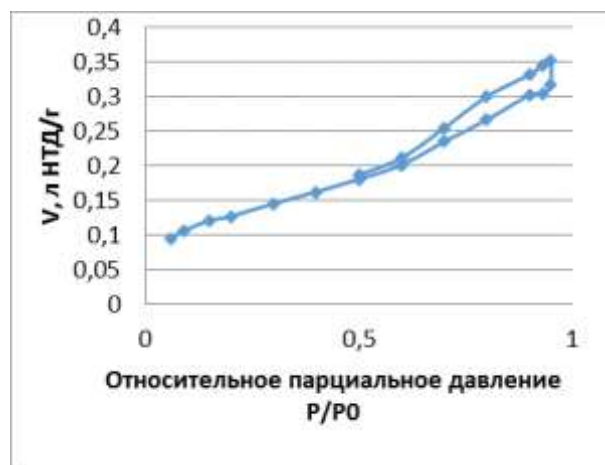


Рис.2. Изотерма адсорбции для образца состава 85% SiO₂ – 15% SnO₂

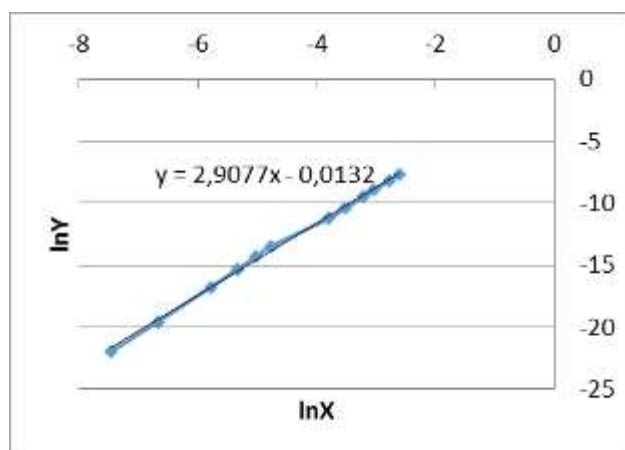


Рис.3. График зависимости $\ln Y(\ln X)$ для ГАП

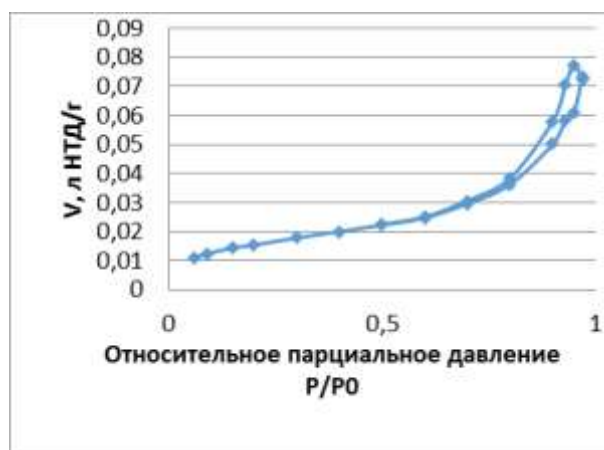


Рис.4. Изотерма адсорбции для ГАП

Фрактальная размерность — это коэффициент, описывающий **фрактальные** структуры или **множества** на основе их количественной оценки. В описываемом нами случае величина D_f должна лежать в диапазоне от 2 до 3. Как видно из рисунков, оцененная фрактальная размерность обоих образцов составляет $\approx 2,9$, что соответствует указанному диапазону и свидетельствует о применимости описанного метода для анализа мезопористых наноматериалов в изучаемых системах.

Список литературы

1. Sandoval-Díaz L. E. et al. Fractal analysis at mesopore scale of modified USY zeolites by nitrogen adsorption: A classical thermodynamic approach // Microporous and Mesoporous Materials. – 2017. – Т. 237. – Р. 260-267.
2. Goloshchapov, D.L., Len'shin, A.S., Tutov, E.A., Ponomarev, Y.A., Maraeva, E.V. Sorption properties of composite materials based on calcium hydroxyapatite // Nanoscale-Arranged Systems for Nanotechnology – 2015 - P. 149-151 (Book Chapter).
3. Maraeva E.V., Bobkov A.A., Maximov A.I., Moshnikov V.A., Nalimova S.S.. Research of materials for porous matrices in sol-gel systems based on silicon dioxide and metallic oxides // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – V 643. – P.012116.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПЬЕЗОСКАНЕРА ЗОНДОВОГО МИКРОСКОПА НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПОДЛОЖЕК TGS1

И. Л. ХЕГЛУНД, Е. М. КРИСТЮК

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. Для организации перемещений в сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) используется пьезоэлемент. Основные недостатки пьезокерамики - это нелинейность свойств, гистерезис и крип. Эти факторы влияют на точность измерений. Для калибровки пьезоэлемента существуют тестовые меры. Одним из способов является измерение калибровочных решеток с заданным рельефом. Создана программа в среде Labview для обработки данных о поверхности калибровочных решеток, которая позволяет методом сравнения с паспортными данными образца откалибровать пьезоэлемент.

Ключевые слова: сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ), Labview, калибровка, пьезоэлемент.

Основными недостатками пьезокерамики, применяемой в качестве микропозиционеров являются: нелинейность механической деформации, гистерезис и ползучесть [1,2].

Реальная пьезокерамика деформируется нелинейно с приложенным напряжением, т.е. удлинение является некоторой функцией от приложенного напряжения. В случае получения изображений структур, изготовленных методами микротехнологии, нелинейные эффекты могут создавать значительные искажения. Нелинейность пьезокерамики приводит к тому, что объекты одинакового размера в начале и в конце сканируемого изображения будут иметь различные размеры.

Гистерезис - это тип нелинейного поведения, при котором имеет место неоднозначная зависимость удлинения от направления изменения электрического напряжения. Кроме того, благодаря гистерезису керамика может не достигать своей начальной длины после одинакового изменения электрического напряжения в одну и в другую сторону. Гистерезис сканера сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) приводит к сдвигу областей сканирования (и, соответственно СЗМ-изображений), получаемых при прямом и обратном перемещениях.

Ползучесть пьезокерамики проявляется в медленном дрейфе в направлении последних предшествующих перемещений или замедленном во времени механическом смещении после быстрого изменения напряжения. После приложения ступеньки напряжения может наблюдаться также продолжение смещения (дребезг пьезокерамики).

Ползучесть пьезокерамики проявляется в искажении начального участка скана при больших площадях и скоростях сканирования, т.е. когда напряжение, приложенное к пьезоматериалу, изменяется достаточно быстро. Ползучесть также приводит к сдвигу особенности на СЗМ изображении в повторных сканах.

Все данные свойства пьезокерамики тем или иным образом влияют на точность производимых измерений, вследствие чего требуются тестовые меры. Одним из способов является измерение калибровочных решеток с заданным рельефом.

Целью данной работы является создание программы в среде LabView, позволяющей обрабатывать данные измерений с атомно-силового микроскопа, для калибровки пьезоэлемента. В данной работе были исследованы структуры TGS1 с перепадом высот 520нм и периодом 3 мкм (рис.1).

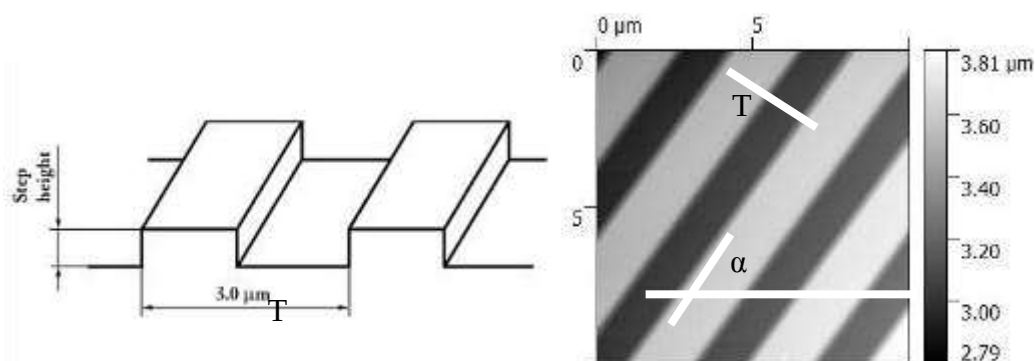


Рис. 1. Изображение подложки TGS1 слева – схема, справа - изображение поверхности полученное атомно-силовым микроскопом

Для определения периода структуры, представляющей параллельные линии выступающие на 0,52 мкм, и шириной 1,5 мкм, (период структуры 3мкм)

Предлагается следующий режим работы с программой:

1. Сканировать образец TGS[3] с измерением нескольких периодов решетки, экспортировать данные в формате ASCII
2. Указать в программе путь к файлу.
3. В интерфейсе программы выводится профиль поверхности исследуемой структуры, график производной этого профиля.
4. Строится распределение числа точек измерения от диапазона высот. Данный график имеет два экстремума, расстояние между которыми соответствует перепаду высот данной структуры.
5. Далее программа переводит текст файла в массив чисел, описывающий поверхность. Происходит выделение строки чисел, для которого находится производная. Далее находится область с отличным от нуля значениям, которая соответствует «подъему» или «спуску» на профиле. Затем находится период по координатам между соседними «подъемами» или «спусками». Затем данные усредняются. Выводится значение периода структуры вдоль направления сканирования.
6. Выбираются две строки из матрицы чисел. Отличие в координатах, «подъема» используется для построения треугольника с известными значениями катетов и последующего нахождения угла (рис.1). После этого проходит фильтрация выбросов и усреднение значения. Находится значение периода структуры.
7. Затем пользователь может сохранить выведенные значения в виде текста или рисунков.

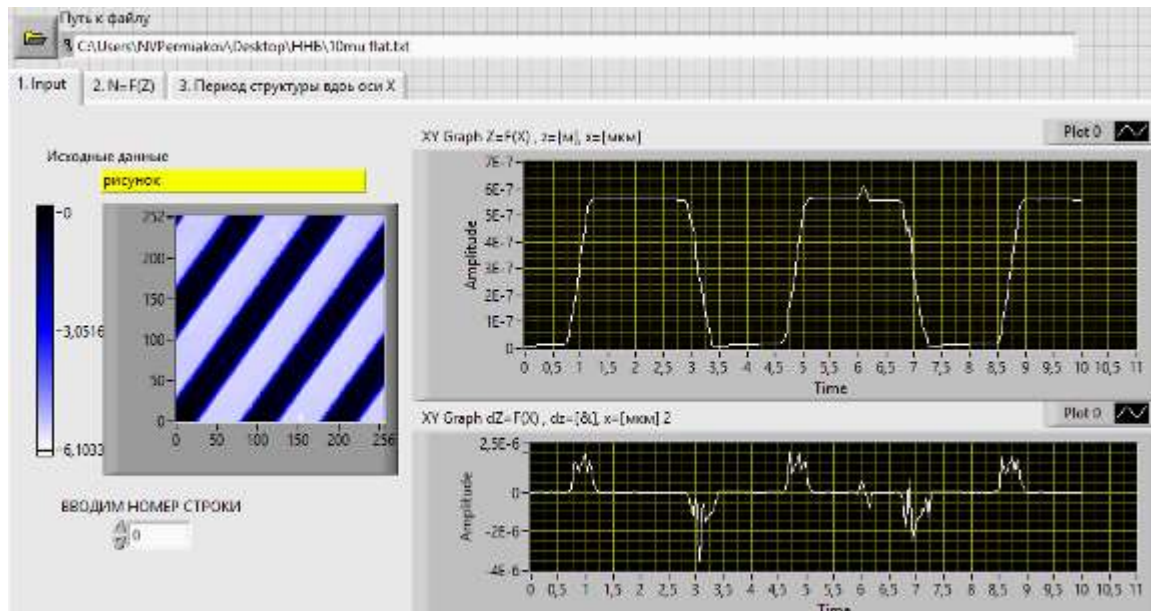


Рис.2. Интерфейс разработанной программы с просмотром профиля и производной по выбранной строке

Таким образом с помощью среды разработки Labview была создана программа, позволяющая определить период структуры вдоль горизонтальной оси, угол поворота образца относительно горизонтальной оси, перепад высот и период структуры для последующего сравнения с эталонными значениями.

Список литературы

1. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Техносфера, 2009. 143с.

2. В. А. Мошников, Ю. М. Спивак, П. А. Алексеев, Н. В. Пермяков. Атомно-силовая микроскопия для исследования наноструктурированных материалов и приборных структур: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 144 с.

3. URL: <http://www.ntmdt-tips.com/products/view/tgs1>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВЫХ КАТОДОВ НА ОСНОВЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ЭМИТЕНТОВ

К.Ю. ЧИПЧЕВ^{1,2}, И.А. МАМОНОВ²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

² ООО «Икс-Про Лаборатория»

Аннотация. Данная работа посвящена изучению эмиссионных свойств полевых катодов с алмазоподобным углеродным покрытием, и в ней представлены временные характеристики напряжения при фиксированном токе, зависимость плотности эмиссии от приложенного напряжения, а также затрагивается тема рабочего ресурса таких катодов в рентгеновских трубках.

Ключевые слова: полевая эмиссия, холодный катод, рентгеновские трубки, алмазоподобное покрытие, плазменно-химическое осаждение из газовой фазы

При создании электронно-лучевых приборов всегда отдельно решаемым вопросом является выбор типа эмиссии устройства. Электронные трубки с использованием автоэлектронной или полевой эмиссии находят широкое применение. В современных рентгеновских трубках важно сочетать высокие значения плотностей тока эмиссии и долговечность структуры катода. Известно, что холодные катоды имеют преимущества перед термоэлектронными во времени готовности, что увеличивает рабочий ресурс трубки. Но при этом в полевых эмиттерах сложнее получить требуемые токовые характеристики, что требует дополнительных проекторочных решений. Обостренное поле способствует повышению плотностей токов эмиссии, и в этом форм-фактор катодного узла будет играть немалую роль. Но для многих видов холодных катодов, например, для острейного автоэлектронного эмиттера Спиндта, жестко стоит проблема бомбардировки ионами из остаточной атмосферы. Из-за нелинейности процессов в полях с высокой напряженностью происходит разрушение элементарных центров эмиссии, что сильно сокращает рабочий ресурс источника [1].

Поэтому для максимизации времени эксплуатации трубок полевые катоды покрывают защитным слоем. Алмазоподобное покрытие (DLC) обладает отличными стабилизирующими и защитными свойствами. В высоковольтных рентгеновских трубках качественное покрытие DLC способно продлить время работы источника до 5000h и более. Алмазоподобное покрытие понижает работу выхода электронов, что в своей реализации соответствует концепции полевого эмиттера и улучшает его автоэлектронные свойства.

Для получения тонких эмиссионных пленок на основе углерода применяется метод плазменно-химического газового осаждения (PEVCD). Подложку для наращивания пленки получили из кристалла кремния – Si. Материал подложки выбирается по высокой температуре плавления, низкому КТР и высокой адгезии. Подготовка образца осуществляется методом механического посева. В методе осаждения из газовой фазы H₂ и CH₄ (водород и метан) поступают в реакционную камеру, где их смесь активизируется, во

время чего в газовом объеме образуются ионы и химически активные радикалы. Эти ионы бомбардируют поверхность подложки, где и происходит химическая реакция [2].

По принципу СОН-диаграммы строятся возможности роста определенных углеродных структур [3]. В процессе синтеза пленки участвует ряд частиц: C, CH, C₂, C₂H, CH₃, C₂H₂, CH₃⁺. Однако традиционной считается модель роста алмазных структур на основе CH₃-радикалов [4].

Итогом данных процедур стало получение требуемого слоя эмитента. Высота осажденных углеродных “ребер” находится в диапазоне высот до десятков микрометров.

Назначение полученного полевого катода – использование в каскаде КСУ (катодно-сеточного узла) в отпаянной рентгеновской трубке. На этапе тестирования был собран экспериментальный макет, упрощенная схема которого изображена на рис. 1.

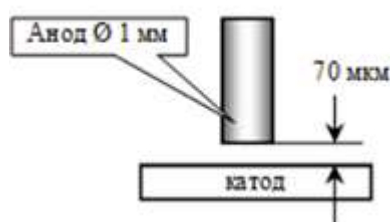


Рис. 1. Схема экспериментального макета

Противоположно полемому катоду на расстоянии 70 мкм размещен молибденовый анод диаметром 1 мм. Эмиссия идет с миллиметрового “пятячка”, покрытого алмазоподобным углеродным эмитентом непосредственно под анодом. Все это размещено в вакуумной камере. Параметры вакуума 5×10^{-7} тор.

Первичные исследования свойств полевого катода включили в себя измерение плотности тока эмиссии в зависимости от приложенного между электродами напряжения и временные характеристики, когда при фиксированном эмиссионном токе измеряется напряжение с ходом времени, тем самым выявляя стабильность определенных токовых режимов.

Рассмотрим работу такой трубки в часовом режиме. Катод работает сначала 3 часа с плотностью тока 2 А/см², затем 3 часа с током 2,5 А/см², и час с плотностью тока 3 А/см².

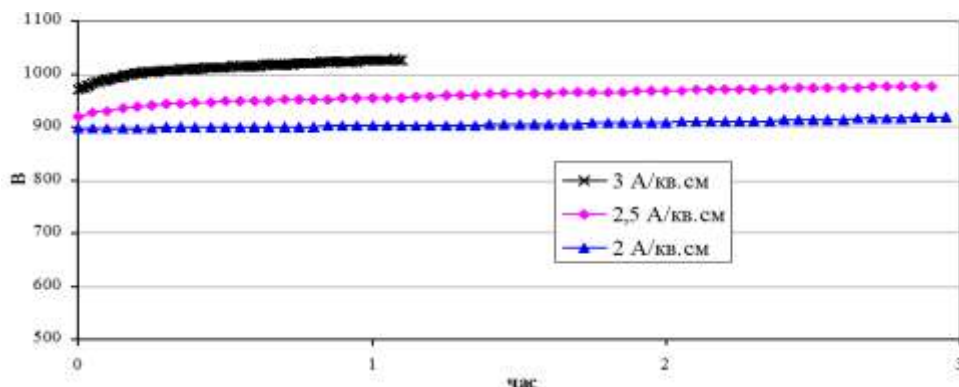


Рис. 2. Часовые характеристики напряжения

В минутном режиме при увеличении тока до 3,5 А/см² мощность на аноде достигла 30 Вт и возникли проблемы с отводом тепла от анода. После 5-й минуты вакуум стал с ускорением ухудшаться, и пришлось делать паузы для его восстановления.

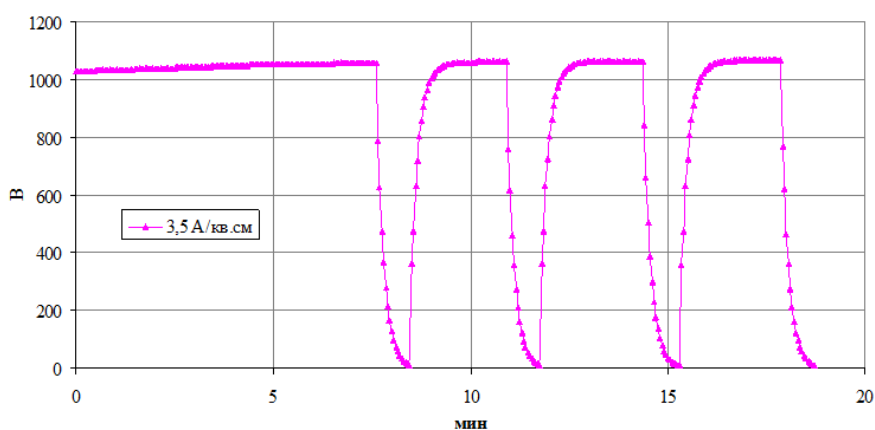


Рис. 3. Минутные характеристики напряжения

Из-за проблем с перегревом анода дальнейшее повышение тока выполнялось короткими перебежками: 10-30 секунд эмиссия, затем 10 секунд пауза, то есть измерения были проведены в секундном масштабе. На рис. 4. представлены напряжения для соответствующих токов. Катод дошел до $4,5 \text{ A/см}^2$ и отработал 10 секунд почти без изменений.

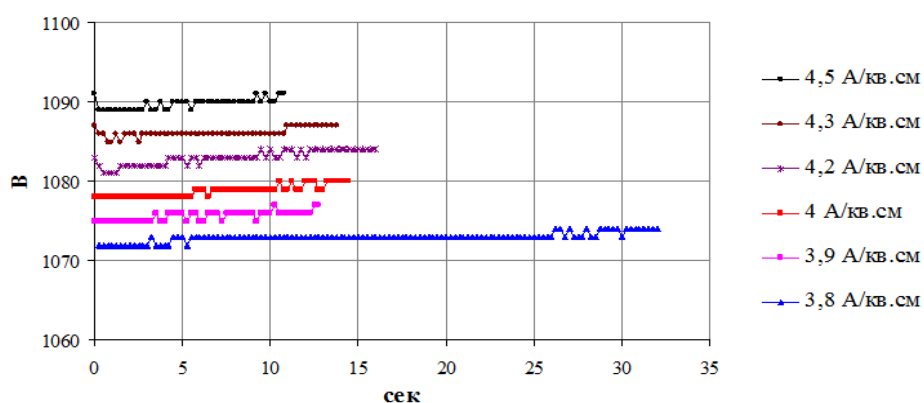


Рис. 4. Секундные характеристики напряжения

Вывод по временным характеристикам: наиболее рациональным режимом оказалась работа полевого катода с алмазоподобным эмитентом на плотности тока 3 A/см^2 .

На рис.5. демонстрируются результаты испытаний эмиссионных характеристик, которые соответствуют росту тока до $3,5 \text{ A/см}^2$.

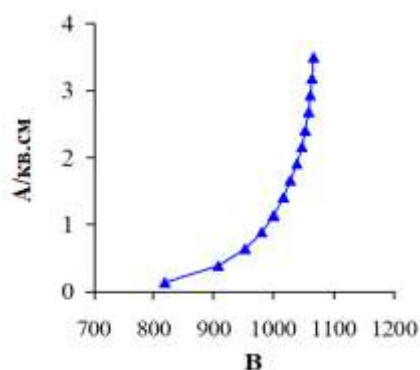


Рис. 5. Эмиссионные характеристики полевого катода на основе DLC-эмитента

Как видно, это довольно крутая кривая эмиссии. Эмитент алмазоподобного углерода обеспечивает достаточные характеристики и вполне пригоден для использования в высоковольтных вакуумных системах.

Длительный рабочий ресурс также подтвердился экспериментально. Свойства DLC-покрытия действительно защищают катод от негативного воздействия бомбардировки остаточной ионизации. Однако для представления полного отчета на эту тему необходимо реализовать полноценный КСУ, где вытягивающие электроды были бы не менее надежными. В настоящее время ведется активная работа в этом направлении. После того, как технология изготовления вытягивающих электродов (в виде сетки) будет окончательно отработана, и сеточные модули обеспечат все необходимые параметры – будут продолжены ресурсные испытания эмитента с последующим сравнительным анализом деградации элементарных эмиссионных центров.

Список литературы

1. Н.П. Абаньшин, Ю.А. Аветисян, Г.Г. Акчурин, А.П. Логинов, С.П. Морев, Д.С. Мосияш, А.Н. Якунин. Планарная наноструктура с полевой эмиссией пленки алмазоподобного углерода для построения низковольтного катода с развитой поверхностью//Письма в ЖТФ, 2016, том 42, вып. 10.
2. P. W. May Diamond thin films: a 21st-century material // School of Chemistry, University of Bristol, Bristol BS8 1TS, UK.
3. Мошников В.А., Александрова О.А. Новые углеродные материалы: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2008. 92 с
4. Goodwin, D. G. & Butler, J. E. (ed. M. A. Prelas, G. Popovici & L. K. Bigelow) Handbook of industrial diamonds and diamond films // ch. 11. New York: Marcel Dekker, 1997.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

СУЩНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА ИСО СЕРИИ 9000 В ТАМОЖЕННЫХ ОРГАНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

К.С. АРЗАМАСЦЕВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассмотрена система менеджмента качества в таможенных органах. На базе практического опыта Приволжского таможенного управления выявлены и проанализированы проблемы внедрения системы менеджмента качества, представлены возможные пути их решения.

Ключевые слова: система менеджмента качества, таможенное дело, таможенные услуги, опыт внедрения ИСО 9001 в таможенных органах

В настоящий момент Российская Федерация (РФ) находится в стадии интеграции в международную систему связей мирового хозяйства. Вступив во Всемирную торговую организацию (ВТО), Россия обязалась освоить международные стандарты управления, в том числе и международные стандарты таможенного администрирования. Вследствие чего возникла необходимость в пересмотре идеологии и переоценки приоритетных целей в управлении таможенной деятельностью. Возникла необходимость создания эффективной системы управления, опирающейся на показатели качества результатов деятельности.

Стандарт ISO 9001 считается универсальным инструментом среди стандартов менеджмента качества и может быть применим к любой сфере деятельности. По результатам исследований - это самый популярный из нормативов ISO.

По результатам опроса было выявлено, что многих смущает универсальность стандартов ISO серии 9000. Не смотря на это, в условиях повышенной конкуренции, большинство компаний стремятся внедрять систему менеджмента качества (СМК), регламентируемую стандартом ISO 9001, так как появляется необходимость повышения качества администрирования бизнес-процессов, протекающих внутри организации, а также при взаимодействии с внешними заинтересованными сторонами.

Для подтверждения внедрения и проверки эффективности СМК привлекаются аудиторские компании для проведения внешних аудитов и выдачи сертификатов соответствия международному стандарту. Данный вид сертификации является добровольным и предназначен в большей степени для демонстрации заинтересованным сторонам, что в организации предприняты меры по минимизации рисков выпуска некачественной продукции или оказания некачественных услуг, в свою очередь то подтверждает способность поставлять продукцию или услуги, соответствующие требованиям потребителя. Соответственно наличие сертификата соответствия повышает конкурентоспособность организации. В основе СМК лежит процессный подход, который

базируется на выявлении взаимосвязанных бизнес-процессов, и выявление материальных потоков, а также нематериальных.

Деятельность таможенных органов – это предоставление государственных услуг заинтересованным внешним сторонам, т.е. участникам внешнеэкономической деятельности (ВЭД), связанное со стратегией и концепцией развития страны. Критерии качества оказываемых услуг определяет заказчик/потребитель – Правительство РФ, Федеральная таможенная служба (ФТС) или участники ВЭД. С точки зрения процессного подхода, деятельность таможенных органов (ТО) можно представить как совокупность бизнес-процессов, соответствующих требованиям государства и участников ВЭД, а также ожиданиям внутренних заинтересованных сторон (персонала).

Стратегия развития ФТС до 2020 года одной из целей устанавливает повышение качества таможенного контроля. Она опирается на обеспечение качества совершения таможенных операций и таможенного контроля объектов внешней торговли и освоение инновационных таможенных технологий.

Как и у любой деятельности, у процессов, протекающих внутри ТО, есть свои показатели результативности. Для анализа деятельности организации по достижению результатов, соответствующих требованиям заинтересованных сторон, внедряется СМК. Таможенные органы вынуждены создавать условия для ускорения движения товарных потоков через таможенную границу Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС), а для этого они обязаны проводить мероприятия по минимизации рисков, возникающих в таможенных процессах, для чего должностные лица таможенных органов постоянно повышают качество собственного труда.

Невыполнение таможенных функций и непредоставление таможенных услуг должным образом является нарушением таможенного законодательства. Последствиями для государства может стать потеря репутации таможенной системы и повышение уровня всех возможных рисков, связанных с перемещением товаров через таможенную границу, а для участников ВЭД – это потери от простоев и рост коммерческих рисков.

Качественное же их выполнение повлияет на улучшение таких характеристик таможенного дела как: уровень соблюдения таможенного законодательства, надёжность таможенного контроля, затраты времени на совершение таможенных операций, и др.

Отдельные требования по качеству содержатся в стандартах ВТО и конвенциях Всемирной Таможенной Организации (ВТамО).

С учётом всех международных стандартов, можно утверждать, что они предусматривают:

- Разработку отраслевого стандарта, унифицированного для всех таможенных служб;
- Введение независимого аудита;
- Рейтинг таможенных органов, и соответственно, выработку рекомендаций.

Итак, таможенному органу необходимо разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать СМК на основе процессного подхода. Общая методическая схема совершенствования системы управления включает несколько этапов.

Первый этап заключается в разработке и издании приказа о начале работы по совершенствованию системы управления, проведении самооценки деятельности, определении целей и задач системы управления (на основе анализа стратегии развития и перспективных планов ФТС России), обучении персонала по контролю за качеством, разработке политики в области качества и предварительной программы совершенствования. На втором этапе разрабатываются первоочередные общесистемные

документы (первая редакция Руководства по качеству, целевой программы повышения результативности работы и различных стандартов). Третий этап предусматривает разработку подсистем непосредственно по каждому подразделению ТО, а заключительный этап – разработку окончательной редакции Руководства.

Необходимо рассмотреть практику внедрения системы управления качеством в таможенных органах. Так, например, данный процесс в Приволжском таможенном управлении начался в марте 2011 года. Были структурированы интересы заинтересованных сторон, установлены стратегические цели в области качества таможенного контроля (сокращение сроков совершения таможенных операций, повышение уровня законности принимаемых решений, повышение мотивации персонала), определена система показателей и установлены целевые значения, а также проведена работа по доведению основ СМК и обучению должностных лиц таможенных органов международным стандартам ИСО 9000.

Результаты же применения СМК Приволжским таможенным управлением отражены в докладе начальника Набережночелнинского таможенного поста А.В.Сидорина достаточно положительно, что подтверждено фактическими данными и показателями. Участники ВЭД оценили деятельность таможенного поста положительно, были внедрены новые технологии, время совершения таможенных операций значительно уменьшилось, время выпуска ДТ сократилось почти в два раза (на 46%).

Анализ результатов работы таможенных органов Приволжского региона показал высокое выполнение контрольных показателей эффективности деятельности таможенных органов, выявленные проблемы были проанализированы, установлены причины их возникновения, предприняты необходимые действия по их устранению.

Приволжское таможенное управление стало первым в России государственным органом власти, сертифицированным в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9000.

Однако внедрение требований стандартов ИСО серии 9000 в остальных Региональных таможенных управлениях не получило должного распространения. Так, с целью выявления причин и факторов среди сотрудников таможенных органов был проведён опрос. Перечислим некоторые из причин :

- 1) Недостаточная степень разработки нормативов качества таможенной деятельности в целом;
- 2) Отсутствие стимула к постоянному совершенствованию производственных процессов;
- 3) Недостаток средств на организацию обучения персонала;
- 4) Отсутствие времени на обучение сотрудников таможенных органов в рабочее время из-за непрерывности процесса таможенного контроля;
- 5) Оплата труда сотрудников не соответствует затрачиваемым ими усилиям;

Сотрудники таможенных органов и руководящий состав не заинтересованы в освоении в таможенных органах требований стандарта ИСО 9001. На это влияет также отсутствие знаний в области управления качеством результатов деятельности.

Из проведённого анкетного опроса можно сделать вывод, что в целом таможенная служба ещё не готова к успешному освоению требований стандарта ИСО 9001. Более того, их внедрение понесёт достаточно большие государственные расходы.

Так, можно выделить первоочередные проблемы, которые требуют решения:

1) Личная заинтересованность руководства таможенной службы и сотрудников таможенных органов в этом вопросе, понимание ими значения качества результатов труда;

2) Мотивационный механизм, который будет нацелен на повышение соответствия требованиям международных стандартов;

3) Набор соответствующих инструментальных средств – методик и рекомендаций.

Для решения перечисленных проблем целесообразно будет осуществить ряд мероприятий:

- ввести нормативы качества таможенной деятельности и механизм ответственности руководящего состава за их выполнение, которые будут соответствовать международным требованиям;

- организовать изучение сотрудниками таможенных органов назначения и сущности стандартов ИСО 9000 и требований, которые ими определены;

- создать и ввести в действие мотивационный механизм обеспечения соответствия систем управления таможенным делом требованиям МС ИСО 9000.

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение международных стандартов ИСО серии 9000 является сложным и трудоёмким процессом, который требует освоения новой философии труда, понимания их предназначения и сущности, методологии применения и преодоления приверженности таможенного персонала старым устоям.

Введение СМК в ТО повлечёт дополнительные государственные расходы и, возможно, на период внедрения снизит качество таможенных услуг и выполняемых таможенными функциями из-за необходимости адаптации сотрудников к нововведениям, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности внедрения СМК в конкретную устоявшуюся систему. Однако, опыт Приволжского таможенного управления и Российской таможенной академии по освоению СМК также позволяет Правительству выявить новые цели и задачи для постановки перед ФТС в новой Стратегии развития таможенной службы, на основе которых уже можно будет принимать политику в области качества и формировать Руководство по качеству в соответствии с международными стандартами ISO, предназначенными для таможенных органов РФ.

Список литературы

1. Голоскоков, В. И. Предпосылки применения системы менеджмента качества на базе международных стандартов ИСО серии 9000 в целях управления качеством таможенного контроля в таможенных органах Приволжского таможенного управления / В. И. Голоскоков // Вестник Российской таможенной академии, 2010. № 4. С. 11–19.
2. Горелик, Е. П. Внедрение и применение системы менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000 в таможенных органах. Ведомственная аттестация / Е. П. Горелик // Вестник Российской таможенной академии, 2010. № 4. С. 28–33.
3. Рожкова Ю.В. Управление качеством таможенной деятельности // Вестник ОГУ, 2013. №8. С.54–58.
4. Теоретические основы освоения требований МС ИСО серии 9000 в ФТС России [Электронный ресурс] : монография / А.Я. Черныш [и др.]. — М. : Российская таможенная академия, 2012. 308 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

О. И. ВЕРЕТЕННИКОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье «Обеспечение качества в образовательных организациях» определена задача обеспечения качества в образовании и обозначены особенности структурированной оценки качества как в образовании, так и на производстве. Выделены концептуальные аспекты обеспечения качества в образовании. Также описаны оценочные мероприятия с показателями (независимая оценка качества образовательных организаций). Статья 3 стр., 0 рис., 0 табл.

Ключевые слова: качество, образовательные организации

Задача обеспечения качества образования- это задача государственного масштаба, т.к. именно в образовательных организациях формируются будущие специалисты, и от качества их подготовки будет зависеть и развитие экономики страны.

Хорошо структурированная система оценки качества является надежным и эффективным средством управления качеством подготовки и развития обучающихся, получения достоверной и полной количественной и качественной информации о состоянии предоставляемого и получаемого образования. Как в любом производстве, построение эффективной системы управления качеством образовательного процесса требует решения как минимум трех задач: формирования эталона качества (стандартизации); сравнения достигнутого уровня подготовки с эталоном и на этой основе оценки качества; выработки управляющих воздействий на условия и факторы, определяющие достигнутое качество, с целью минимизации обнаруженных отклонений.

Концептуальные аспекты обеспечения качества в образовании в первую очередь связаны с созданием условий обучения:

- направленной на повышение качества политикой в области образования;
- ясно и однозначно установленными критериями, нормативами, стандартами качества образовательных продуктов;
- качественным уровнем учителей и школьников, качеством учебных программ и дидактических материалов, качественным уровнем материально–технической, социально–бытовой и информационной инфраструктуры образовательных учреждений;
- эффективными средствами воздействия на субъектов образовательного процесса, в том числе конкретными технологиями организации учебного и воспитательного процессов, методами оценки качества обучения;
- использованием современных средств и технологий объективного контроля качества образования;
- информатизацией образования (профессиональные базы данных, электронные учебники и библиотеки, повседневное использование телекоммуникаций в аудиторной и самостоятельной учебной работе);
- механизмами и инструментами управления и самоуправления образовательной деятельностью с позиций качества.

Для определения уровня качества по каждой составляющей необходимо проводить оценочные мероприятия. Это проводится с помощью независимой оценкой качества образовательной деятельности профессиональных образовательных организаций.

Независимая оценка качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность-оценочная процедура, осуществляемая в отношении образовательной деятельности организации в целях:

- определения соответствия предоставляемого образования потребностям физических и юридических лиц, в интересах которых осуществляется образовательная деятельность;
- ориентирования потребителей образовательных услуг при выборе образовательной организации (программы) для получения образования, соответствующего их интересам, потребностям и возможностям;
- обеспечения открытости и доступности информации о деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность;
- обеспечения заинтересованных групп пользователей достоверной информацией, охватывающей различные аспекты деятельности образовательных организаций, для обоснованного принятия управленческих решений и разработки программ и мер повышения качества образовательных услуг,
- повышения конкурентоспособности организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и реализуемых ими образовательных программ.

В независимой оценке качества образовательной деятельности организаций присутствует группа показателей:

1. Показатели, характеризующие общий критерий оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность, касающийся открытости и доступности информации об организациях, осуществляющих образовательную деятельность.

2. Показатели, характеризующие общий критерий оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность, касающийся комфортности условий, в которых осуществляется образовательная деятельность.

3. Показатели, характеризующие общий критерий оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность, касающийся доброжелательности, вежливости, компетентности работников.

4. Показатели, характеризующие общий критерий оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность, касающийся удовлетворённости качеством образовательной деятельности организации.

По результатам проведения независимой оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность проводятся расчеты и составляется ранжированный список организаций, прошедших процедуру независимой оценки качества образовательной деятельности.

Таким образом, независимая оценка качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность является основополагающим способом обеспечения и повышения качества образования.

Список литературы

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ

2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 05.12.2014 № 1547 «Об утверждении показателей, характеризующих общие критерии оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность»

3. Методические рекомендации Министерства образования и науки Российской Федерации по расчету показателей независимой оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность (утв. заместителем Министра образования и науки Российской Федерации от 15.09.2016)

ТИПОВЫЕ ОШИБКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ

Ю.А.КРУГЛОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статистическое управление процессами - полезный инструмент, способствующий постоянному улучшению процессов организации. А чтобы он действительно был полезным важно правильно его использовать. Опытным путем предприятия с каждым днем совершенствуют свои знания в статистических методах управления процессами. В данной статье представлены типичные ошибки, с которыми они сталкиваются при использовании SPC.

Ключевые слова: управление качеством 1, статистическое управление процессами 2.

Статистическое управление процессами (SPC) — мощное орудие, используемое для непрерывного мониторинга и диагностики любых бизнес-процессов.

Шухарт давал следующее определение статистической управляемости: «Явление следует называть управляемым тогда, когда, используя прошлый опыт, мы сможем предсказать, хотя бы в каких-то пределах, каких его вариаций можно ожидать в будущем». Сущность статистической управляемости — в предсказуемости. Процесс предсказуем, если он статистически управляем, и непредсказуем, если он не находится в состоянии статистической управляемости. Поскольку решение должно основываться на прошлом опыте, приходится начинать со сбора данных об интересующем нас явлении. Когда данных накопилось достаточно, можно вычислить подходящие пределы, в которых находится изучаемое явление.

Для этой цели Уолтер Шухарт создал простой, робастный и хитроумный инструмент, который мы сегодня называем контрольной картой. Но перед тем как начать работу с этим инструментом, нужно изучить сложности, которые с ним связаны, и фундаментальные принципы, которые лежат в его основе.

Все статистические методы подразумевают в первую очередь рациональную организацию работы предприятия, а также наличие специалистов, ознакомившихся с принципами и правилами их применения. Без этого использование статистики не принесет пользы.

Ошибки в применении статистических методов управления процессами:

1. Невовлеченность руководства в процесс внедрения статистических методов

Эффективному применению должно способствовать высшее руководство. Использование контрольных карт выдвигает определенные требования к рабочим и менеджменту, и организация должна сделать все возможное, чтобы отвечать этим требованиям. Обозначить важность контрольных карт для непрерывного совершенствования может только

высшее руководство. Если высшее руководство оказывает этому активную поддержку, эффект от внедрения контрольных карт превзойдет ожидания!

2. Отказ от обработки автокоррелированных данных контрольными картами и работы с распределениями, отличными от нормальных

Данное утверждение не подтверждается многолетней практикой их применения для мониторинга реальных технологических процессов, где всегда имеет место автокорреляция, а также результатами исследований с использованием имитационного моделирования. Анализ многочисленных публикаций показывает, что контрольные карты Шухарта обладают значительной устойчивостью к отличию распределения данных процесса от нормального, к наличию автокорреляции и другим «нехорошим» свойствам процессов. Следовательно, контрольные карты Шухарта можно применять для мониторинга практически любых технологических процессов, не боясь неправильности полученных результатов.

3. Отказ от нанесения данных на контрольную карту, если процесс статистически неуправляем

Вместо нанесения поступает предложение отбраковывать данные, прежде чем нанести их на контрольную карту, после чего использовать пределы 2 σ или 2,33 σ . Такие манипуляции абсолютно бессмысленны. Цель использования контрольных карт — обнаружение отсутствия управляемости.

4. Отсутствие данных и записей

Зачастую при обнаружении признаков неуправляемости (выбросы на картах), специалисту сложно разобраться в причинах, которые привели к этому из-за отсутствия конкретной зафиксированной информации. Например, при анализе результатов может обнаружиться, что ошибка не была зафиксирована в конкретный период времени, что усложняет поиск возможных причин неуправляемости.

5. Ошибки при группировке данных

Важный аспект эффективного использования контрольных карт — их способность отвечать на правильные вопросы. Для этого способ распределения данных по подгруппам должен соответствовать структуре данных. Обычно это означает, что в каждую подгруппу следует группировать данные из некоторой «малой области» — пространства, времени, партии продукции, чтобы внутри подгруппы данные были как можно более однородными.

Объем выборки определяет достоверность информации, полученной в результате ее исследования, и зависит от уровня однородности или разнородности изучаемых объектов. Считается, что чем больше объем выборки, тем выше ее точность. На практике предприятий, для установления верных объема и частоты выборки специалисты проходят через множество ошибок. Некоторые и вовсе исключают статистические методы, так и не приспособив их под свои процессы.

6. Управление процессом на основе недостоверных данных

Не имеет смысла управлять процессом на основе данных, которые не являются достоверными. Сначала нужно убедиться в том, что измерительная система «не врет». Если анализ показывает, что система не обладает требуемыми характеристиками (смещением, сходимостью, воспроизводимостью и т. д.), то нет смысла заниматься исследованием процесса. При этом необходимо добиваться того, что сходимость и воспроизводимость (СiВ) измерительной системы была бы меньше 10% не только относительно поля допуска, но и относительно полной изменчивости процесса (в некоторых случаях допустимо, если СiВ находится в пределах от 10 до 30 процентов).

7. Сбор недостаточного количества данных

Конечно, можно сделать выводы о процессе и подсчитать воспроизводимость по 3-5 деталям. Математика позволит, только это будет напоминать следующую ситуацию: один сосед съел курицу на ужин, другой ничего не съел (ужин отдал врагу), а по статистике у них получается по половине курицы на человека. Чтобы провести полноценное исследование процесса (оценить стабильность и воспроизводимость) процесса необходимо 100-125 измеренных значений. При этом время для сбора данных должно быть достаточным, чтобы проявились основные причины возможных изменений процесса (наладка, изменение условий производственной среды, смена партии материалы и т.д.).

8. Одностороннее применение SPC

В первую очередь статистическое управление необходимо применять для характеристик продукции. Но можно и нужно это применять и для управления параметрами процессов. Особое внимание - специальным (ключевым) параметрам процесса, которые влияют на специальные (ключевые) характеристики продукции. Одной из причин нестабильности характеристик продукции может быть нестабильность параметров процесса.

9. Использование одной контрольной карты для исследования процесса

Расширенный мониторинг, нацеленный на одновременное отслеживание нескольких связанных характеристик с помощью множества контрольных карт, позволяет определить, какие карты позволяют наилучшим образом предсказывать работоспособность процесса или изделия.

На практике наиболее часто для количественных данных применяют «неразлучную» пару – карту средних значений и карту размахов.

10. Неумение определять особые причины, положительно влияющие на результат

Особые причины - это причины, которые приводят к нестабильности процесса. Но причины могут быть разными по сути, назовем их условно «плохие» и «хорошие». «Плохие» – это те причины, которые негативно влияют на результат процесса. «Хорошие» - это те, которые наоборот, положительно влияют на результат процесс, например уменьшается размах в выборке, точки на карте размахов вышли за нижнюю расчетную границу (детали в выборке становятся более одинаковыми). Именно подобные «хорошие» особые причины необходимо найти и закрепить в процессе.

Рассмотренные выше ошибки относятся к различному уровню менеджмента. Но так как основная задача статистического управления процессами снижение вариации путем выявления особых причин, дальнейшая работа будет связана с разработкой алгоритма и формы для сбора информации о процессе, а также организацией работ по сбору данных на основе теоретических положений статистических методов управления качеством.

Список литературы

1. Исаев С. В. «Внедрение методик статистического управления процессами и анализа измерительных систем» Журнал «Методы менеджмента качества», 2006, № 9
2. ТКБ Интерсертифика. [Электронный ресурс]
URL:<http://icgrp.ru/docs/list/article/?action=showproduct&id=130> (дата обращения: 04.03.2018).
3. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с.

СИСТЕМА МЯГКОГО МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Н.С. МАРТЫНОВ, Н.А. ГОЛОВИН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Данная статья посвящена проблемам полноценной системы менеджмента качества в сервисных организациях. В работе предложены аспекты, на которых следует сосредоточиться организации, стремящейся осуществлять мягкий менеджмент качества. Также представлены группы инструментов, применение которых возможно в рамках таких систем.

Оказание услуг является одной из областей экономической деятельности, наиболее тесно связанной с требованием потребителей и их удовлетворенностью. Однако, для малых сервисных организаций, в силу их изменчивого контекста, не целесообразно использовать полностью формализованные процессы, а значит и полноценную систему менеджмента качества. Но несмотря на это, многие малые организации в сфере услуг показывают приверженность качеству во всех аспектах, за исключением процессного подхода в общепринятом понимании. Проблема того, как концептуализировать и операционализировать качество услуг и сейчас является объектом дебатов. Ниже приведены аспекты, на которых, по нашему мнению, следует сосредоточиться организации, стремящейся осуществлять мягкий менеджмент качества:

- Руководство – осуществление управление в соответствии с принципами качества, соответствие нормативным и законодательным требованиям

- Стратегическое планирование – осуществлять постановку стратегических целей и разработку планов по их достижению, осуществлять выбор целей, детализацию планов и их изменение при необходимости, а также, осуществлять контроль исполнения планов и достижения целей.

- Ориентация на потребителя - определять требования, ожидания и предпочтения потребителей и рынка. Выстраивать взаимодействия с потребителями, определять ключевые факторы удовлетворенности, повышения лояльности и удержания потребителей

- Управление знаниями - выявлять необходимые данные, собирать и анализировать их, улучшать с их помощью работу, осуществлять систематическое управление информацией и знаниями.

- Управление человеческими ресурсами. – формировать систему развития персонала. Осуществлять системное обучение и мотивацию, предоставлять возможности по реализации навыков, знаний и опыта сотрудников для достижения целей организации. Создавать благоприятный климат в коллективе и хорошие условия работы. При этом, организация может в большей степени пренебрегать формализацией процессов.

Далее, проводится обучение работников применению инструментов в рамках потоков создания ценности. Рассматривая мягкие системы менеджмента качества для малых сервисных организаций, целесообразным представляется разбить совокупность инструментов, применение которых возможно в рамках таких систем, на четыре группы:

1. Проектирование услуги и стратегическое планирование
2. Оценка удовлетворенности потребителей,
3. Корректирующие действия в рамках потока создания ценности

4. Анализ контекста организации и связанных с его изменением рисков.

В рамках первой группы очевидно применение одного или комбинации различных методов оценки удовлетворенности: мониторинг заключенных договоров, сбор жалоб и предложений, использование клиентов- «невидимок», анализ причин уменьшения числа клиентов, RFM-анализ, опросы потребителей и др . Последний метод включает в себя несколько методик: персональные интервью, телефонные интервью, анкеты. Для сервисных организаций наиболее подходящим являются персональные интервью после предоставления услуги, выборочное анкетирование. Уже на основе первичных данных возможно принятие решений относительно корректирующих действий и улучшения услуги, однако, очень важным элементом является перевод полученных качественных оценок в количественные показатели, для чего необходимо применение статистических методов. Таким образом, необходимо уделить внимание соответствующему обучению персонала и при необходимости разработке автоматизированных программных инструментов.

Традиционно, эксперты в области качества защищали универсальность практик менеджмента качества. Все они представляются важными для улучшения прибыли организации независимо от контекста.

Список литературы

1. Yeng, A.C.L., Chan, L.Y., Lee, T.S., 2003 An empirical taxonomy for quality management systems. Journal of Operations Management 21 (1), 45-62
2. Seddon, John, 2008. Systems Thinking in the Public Sector: The Failure of the Reform Regime... and a Manifesto for a Better Way. Triarchy Press Ltd., London
3. Talib, Faisal., Rahman, Zillur., Qureshi, M.N., Siddiqui, Jamshed., 2011 Total quality management and service quality: an exploratory study of quality management practices and barriers in service industry. International Journal of Services and Operations Management 10 (1), 94-118
4. Das, A., Handfield, R.B., Calantone, R.J., Ghosh, S., 2000. A contingent view of quality management – the impact of international competition on quality. Decision Sciences 21 (3), 649-690
5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. - Москва: Стандартинформ, 2015.
6. Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry L.L. 1988. SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perception of service quality. Journal of Retailing 64(1), 12-40
7. Sureshchandar, G.S., Rajendran, C., Anantharaman, R.N., 2001. A conceptual model for total quality management in service organizations. Total Quality Management 12 (3), 343-363.
8. Juran, J.M., Gryna, F.M., 1993. Quality Planning and Analysis. McGraw-Hill, New York.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПО СТАНДАРТУ ISO 9001:2015 НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Е.И.Осипова

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Отсутствие сертифицированных систем менеджмента качества на современных малых предприятиях России является серьезной проблемой для их развития. В данной статье рассматриваются основные причины отказа малых предприятий от внедрения и сертификации собственных систем менеджмента качества по международному стандарту ISO 9001:2015, а также возможные пути решения данного вопроса.

Ключевые слова: малое предприятие, сертификация, системы менеджмента качества, международный стандарт ISO 9001:2015.

Одним из наиболее распространенных предрассудков в отношении международного стандарта ISO 9001:2015 в России является суждение о том, что данный стандарт создан для использования крупными предприятиями. Однако модель системы менеджмента качества, созданная Международной организацией по стандартизации, сформулирована настолько широко и многогранно, что может быть реализована на предприятии любого размера. Так, по данным ISO 95% предприятий в мире относятся к малому бизнесу, и многие из них принимают решение о прохождении сертификации по стандарту ISO 9001:2015.

Несмотря на данный факт, представители малых предприятий в России обращаются к сертификации своих систем менеджмента реже, чем их иностранные конкуренты. Это связано с тем, что руководители таких предприятий чаще задумываются не о преимуществах сертификации, а о трудностях, с которыми они могут столкнуться в ходе нее. А в малых организациях они потенциально более серьезные вследствие следующих причин:

- дополнительных затрат, необходимых для внедрения системы менеджмента качества
- проблем, связанных с пониманием содержания и использованием стандарта.

Для решения первой проблемы малым предприятиям необходимо воспринять сертификацию не как дополнительные затраты, а как инвестиции в бизнес. Вложенные средства вернуться и приумножатся, если создавать не формальную, а реальную систему менеджмента качества. Так, первоначальные финансовые вложения могут приобрести формы новых контрактов с надежными поставщиками и партнерами, более высокого качества продукции или услуг, а также более эффективных производственных процессов.

Большая часть малых предприятий России не имеет в своей организационной структуре отдела качества, и, как следствие, специалистов в данной области. Это объясняет существование трудностей в понимании содержания стандарта ISO 9001:2015.

Таблица 1

Структура брошюры «ISO 9001:2015 для малых предприятий: что надо делать? Советы Технического комитета ISO/TC 176»

Название блока	Описание
Система менеджмента качества	В данном разделе представлен общий обзор того, чем является система менеджмента качества, построенная на основе ISO 9001:2015.
С чего начать	Содержатся некоторые практические советы по разным темам, которые возможно использовать при внедрении системы менеджмента качества на малом предприятии или при модернизации уже существующей системы.
Руководящие указания по ISO 9001	Основная часть брошюры, включающая прямой текст ISO 9001:2015. В ней содержатся рекомендации, помогающие понять требования, а также примеры и предложения о том, как могут быть выполнены данные требования.
Приложение А	Представлен метод внедрения ISO 9001:2015 на малых предприятиях.
Приложение В	Содержится краткое описание процесса сертификации.
Приложение С	Представлены семь принципов менеджмента качества, которые составляют основу ISO 9001:2015.
Библиография	Содержится подробный перечень стандартов, на которые сделаны ссылки в стандарте ISO 9001:2015, а также ссылки на другие документы, которые использованы в данной брошюре.

Для решения данной проблемы Международной организацией по стандартизации создана специальная брошюра, имеющая название «ISO 9001:2015 для малых предприятий: что надо делать? Советы Технического комитета ISO/TC 176» (ISO handbook: «ISO 9001:2015 for Small Enterprises – What to do? Advice from ISO/TC 176»). Брошюра не содержит новых требований, не изменяет и не расширяет требования

стандарта ISO 9001:2015, а предоставляет руководящие указания по созданию системы менеджмента качества на малом предприятии.

Особенность брошюры «ISO 9001:2015 для малых предприятий» заключается в том, что данный документ не предназначен для однократного прочтения или ознакомления, так как брошюра создавалась как настольная книга руководителя. Для удобства пользования ею Международная организация по стандартизации разделила информацию в документе на специальные блоки, оформленные таким образом, чтобы существовала возможность использовать брошюру и обращаться к ней по мере возникновения необходимости. Названия блоков, а также их описание представлены в таблице 1.

Таким образом, проблемы, с которыми сталкиваются малые предприятия России при внедрении системы менеджмента качества и сертификации по стандарту ISO 9001:2015, являются решаемыми при соответствующем подходе руководства к ним. Управленческим аппаратам необходимо пересмотреть свое отношение к сути создания системы менеджмента качества в своих организациях. Также целесообразно использовать брошюру «ISO 9001:2015 для малых предприятий: что надо делать? Советы Технического комитета ISO/TC 176» для улучшения понимания содержания стандарта ISO 9001:2015.

Список литературы

1. В.В. Ильин. Система управления качеством. Российский опыт. СПб.: Вектор, 2014. 512 с.
2. В.И. Змиевский. Проблемы сертификации систем менеджмента качества // Стандарты и качество. 2014. №8. С.64–67
3. Брошюра «ISO 9001:2015 для малых предприятий: что надо делать? Советы Технического комитета ISO/TC 176». Перевод В. А. Качалова. 2016. URL: <http://www.icgrp.ru/> (дата обращения 01.03.2018).

ПРОБЛЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ОРГАНИЗАЦИЯХ РФ ПОСЛЕ СЕРТИФИКАЦИИ

В.Н. САВКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)*

Аннотация. В данной статье поднимается вопрос проблемы функционирования системы менеджмента качества в организациях РФ после прохождения сертификации, вызванной по причине того, что решение о внедрение системы менеджмента качества в систему управления организацией очень часто принимается руководством в связи с тем, что им необходимо получение сертификата.

Ключевые слова: система менеджмента качества, СМК, ISO 9001, сертификация.

Применение системы менеджмента качества (СМК) является стратегическим решением для организации, которое может помочь улучшить результативность ее деятельности и обеспечить прочную основу для инициатив, ориентированных на устойчивое развитие.

Потенциальными преимуществами для организации от применения системы менеджмента качества, основанной на стандарте ISO 9001 2015, являются:

- способность стабильно предоставлять продукцию и услуги, которые удовлетворяют требования потребителей и применимые законодательные и нормативные правовые требования;
- создание возможностей для повышения удовлетворенности потребителей;
- направление усилий на риски и возможности, связанные со средой и целями организации;

- возможность продемонстрировать соответствие установленным требованиям системы менеджмента качества.

Подразумевается, что внедрение системы менеджмента качества осуществляется с целью улучшения и развития системы управления организации.

Если организации, внедрившей СМК, нужно подтверждения соответствия их системы стандарту ISO 9001, то она может добровольно (за исключением отдельных сфер) пройти сертификацию на соответствие международному стандарту, которая по своей сути является внешним аудитом, посредством которого независимая сторона оценивает успешность внедрения СМК.

В Европе СМК внедряется как механизм, предназначенный для оптимизации и регулирования всех процессов, а так же для постоянного совершенствования.

Что касается организаций Российской Федерации, то на сегодняшний день очень часто решение о внедрение системы менеджмента качества принимается руководством в связи с тем, что им необходимо получение сертификата, который на самом деле носит формальный характер. Он необходим для получения возможности работы с другими сертифицированными организациями; для участия или получения преимущества в тендерах, в том числе государственных; либо в связи с необходимостью соблюдения некоторых требований законодательства.

Внедрение СМК, как инструмента развития в организациях РФ встречается довольно редко. В том случае, когда СМК создается исключительно для получения сертификата, а после его получения руководство не уделяет должного внимания поддержанию и развитию ее функционирования и в качестве основной задачи ставит поддержание сертификата, эта система не будет способствовать улучшению результативности деятельности данной организации, лишь прибавит дополнительные затраты, на обеспечение своего существования. В такой ситуации СМК и деятельность организации не будут единым целым, вследствие этого появляется лишняя документации СМК, которая по факту будет носить формальный характер и отнимать рабочее время сотрудников. Служба качества будет заниматься не улучшением процессов и принятием корректирующих и предупредительных мер, а сбором данных, ведением записей и документов, отвлекая при этом других.

Таким образом, при внедрение СМК в связи с необходимостью получения сертификата, организация, конечно же, получает выгоды от получения возможности работы с другими сертифицированными организациями, участия в тендерах и т.д., но при этом СМК не раскрывает свой огромный потенциал, как инструмент улучшения и развития, а напротив становится балластом.

Поэтому даже если внедрение СМК в систему управления организацией было вызвано исключительно необходимостью получения сертификата, после внедрения СМК руководству организации следует уделить должное внимание данной системе и рассмотреть ее с точки зрения инструмента для улучшения результативности деятельности. Конечно же, для обеспечения должного функционирования потребуется время, трудовые и финансовые затраты, но выгода будет намного больше.

Список литературы

1. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ИНЫХ РАБОТ ПО ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОНТРАКТАМ

К.И. ЩЕТИНИНА

Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены проблемы, связанные с выполнением работ по государственным контрактам на примере некоторых областей, в частности, в строительстве и при ведении дорожных работ. В докладе разобраны причины возникновения большинства обозначенных проблемных вопросов: они связаны в основном с неиспользованием имеющегося передового российского и международного опыта менеджмента качества при создании законодательства в этой сфере. В результате действующие закон № 44 –ФЗ от 05.04.2013 года, подзаконные акты направлены на экономию бюджетных средств (и с этой задачей они вполне справляются), вопросы качественного выполнения работ фактически отошли на второй план, что не может быть правильным.

Ключевые слова: госконтракт, технадзор, качество работ в строительстве, ISO 9001 в строительстве, сроки выполнения госконтрактов.

Выполнение работ по государственным контрактам – одно из важнейших направлений деятельности строительной отрасли в настоящее время и, по всей видимости, будет оставаться таковым в дальнейшем. Следует отметить, что организация государственных закупок сегодня является, без всякого сомнения, наиболее регламентированной и четко законодательно прописанной сферой деятельности государства в экономике. Действующее в данной сфере законодательство (Федеральный закон 44 ФЗ "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 5 апреля 2013 года, а также созданные на его основе и в его развитие многочисленные подзаконные акты, инструкции, постановления и программы) является динамично и активно развивающейся областью правового регулирования. Государством на всех уровнях (от федерального до муниципального) выделяются огромные средства на различные проекты и эти средства следует максимальным образом защитить не только от хищений, но и от нерационального использования. И если экономить про проведении торгов научились, то с качеством выполнения контрактов существуют очевидные проблемы:

1. В данной системе недостаточно четко определены критерии приемки качества готовых объектов и исполнительной документации, нет однообразного подхода к этому вопросу.

2. Требования к подрядчику сформулированы четко и недвусмысленно, а к проектно-сметным организациям – нет. Главное – полностью выполнить контракт, как будет функционировать объект – не так важно.

3. Хроническая зависимость установленных контрактом сроков выполнения работ не от требований технологии, необходимости выдержки, соблюдения последовательности действий, отведения необходимого времени на выполнение каждой операции, а от причин, диктуемых совершенно другими обстоятельствами. Такими, например, как необходимость успеть к началу нового учебного года или, наоборот, к окончанию бюджетного года, чтобы «неосвоенные» средства не реквизируют контролирующие расходы организации. В результате качество выполнения работ, а значит, и

эффективность расходования бюджетных средств становится вторичным, малозначительным обстоятельством.

4. Тенденция возложения обязанностей по контролю обеспечения качества и объемов выполненных работ на субъектов, не наделенных необходимыми для качественного выполнения этих обязанностей знаниями и навыками (директор школы, главврач больницы и т. д.)

Таким образом, можно говорить о наличии определенных «родимых пятен» действующей системы организации выполнения госконтрактов, и связаны они прежде всего с отсутствием единообразных подходов к приемке работ по проектированию, к приемке как собственно работ, так и исполнительской документации по объектам.

Подводя некий промежуточный итог нашим размышлениям, следует сделать такой вывод: в создании нормативно-правовой базы работы в области госзакупок, относящейся к выполнению строительных, дорожно-строительных и иных сходных с ними проектов главную роль играли специалисты в области юриспруденции и финансисты, специалисты-инженеры оставались, видимо, на второстепенных ролях, специалисты же в области менеджмента качества (которые могли бы внести в рассматриваемую область системность, единообразие подходов и требований) не привлекались вообще.

Между тем во всех областях промышленности уже давно существует международно признанный инструментарий обеспечения качества выполняемых работ в любой сфере и отрасли, он многократно апробирован и зарекомендовал себя с положительной стороны. Он называется «Система менеджмента качества, соответствующая стандартам ISO 9001». Следует отметить, что в строительной отрасли нашей страны применение стандартов ISO 90001 вообще не слишком распространено, причем как в качестве добровольной сертификации самими строительными организациями – подрядчиками, так и в качестве требования, выдвигаемого заказчиком к участникам конкурсов и торгов на право заключения госконтрактов.

Показательный момент: если попытаться сделать выборку по наименованию «ИСО 9001», то получается, что доля тендеров с упоминанием сертификата менее 1%, причем она может быть еще меньше, так как ISO 9001 может упоминаться в различных комбинациях, не относящихся к собственно стандартам данной серии.

В мире же строительные организации сертифицируются по ISO 9001 «Системы менеджмента качества. Требования» достаточно активно. Данные по Российской Федерации мне разыскать не удалось, но не приходится сомневаться, что и в нашей стране количество строительных предприятий, которые принимают решение о необходимости внедрения и сертификации системы менеджмента качества (СМК) достаточно и растет быстрыми темпами. Сегодня исполнители многих видов работ в строительстве подлежат обязательному членству в саморегулирующихся организациях (СРО), которые предназначены вести контроль за деятельностью своих членов, а также нести (в теории) определенную ответственность за их промахи. Речь, в частности, идет о практически всех видах работ в области строительства, включая проектирование и инженерные изыскания.

СРО, соответственно, будут из всех сил стремиться обезопасить себя от последствий недобросовестности своих членов (сегодня в этом направлении ведется очень серьезная работа, в частности, создаются единые банки данных о ключевых специалистах организаций - членов СРО, чтобы исключить подлоги и их фиктивное совместительство). СРО имеют право по закону выставлять наличие сертификата ISO 9001 в качестве

условия членства для потенциальных участников своей работы. Видимо, в ближайшее время такое давление на участников рынка строительных услуг будет только нарастать.

Но, на мой взгляд, даже мне с моим незначительным опытом соприкосновения с деятельностью строительных организаций при выполнении госконтрактов ясно, что при её дальнейшем совершенствовании следует все-таки учесть огромный опыт четкой регламентации, обеспечения компетентности участников процессов, идентификации и прослеживаемости операций, и многого другого, присущий стандартам ISO. И если уж не требовать обязательного наличия сертифицированной системы менеджмента качества от всех участников процесса, то хотя бы внедрить какие-то элементы, какие-то процессы, соответствующие им, наверное, целесообразно.

Получается, что экономить при строительстве мы научились. Осталось научиться качественно строить на сэкономленные деньги и качественно принимать построенное.

Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (в ред. от 31.12.2017 N 507-ФЗ) // Справочная правовая система «Консультант плюс».
2. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 N 44-ФЗ (в ред. от 31.12.2017 N 506-ФЗ) // Справочная правовая система «Консультант плюс».

МЕНЕДЖМЕНТ ИННОВАЦИЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

НЕФИНАНСОВАЯ ОТЧЕТНОСТЬ: СУЩНОСТЬ И НАЗНАЧЕНИЕ

М.О. АГЕЕВА

*Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье в связи с упорядочиванием создания и представления нефинансовой отчетности рассматривается вопрос о ее составе, причинах и истории появления в мире и в России, перспективах развития.

Ключевые слова: нефинансовая отчетность, концепция развития, социальный отчет, экологический отчет, Global Reporting Initiative

В основе устойчивого развития страны лежат высокие темпы экономического роста, которые могли бы обеспечить достойный уровень конкурентоспособности продукции, предприятий, отраслей. Конкурентоспособность определяется эффективностью использования не только производственных активов и денежных ресурсов, но и качеством управления компаниями и человеческими ресурсами. Деятельность, охватывающая нефинансовые показатели, так же охватывает и качество менеджмента, этику делового поведения, структуру и результативность социальных инвестиций, связанных с поддержанием благоприятной среды в территории присутствия предприятия.

Основным внутренним преимуществом нефинансовой отчетности является возможность для менеджмента выявлять прямые и косвенные возможности увеличения корпоративных доходов, а также формировать ограничения по расходной части бюджета.

Вопрос о нефинансовой отчетности важен настолько, что в мае 2017 г. было подписано Распоряжение Правительства об утверждении Концепции развития публичной нефинансовой отчетности, разработанной Минэкономразвития России.

Эта работа явилась прямым продолжением деятельности Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) по продвижению культуры ведения бизнеса, повышению его информационной открытости и прозрачности.

Оценка обществом и инвесторами деятельности компаний должна основываться на достоверной информации, представленной с учетом принципа прозрачности. Финансовая отчетность дает представление о денежной форме результатов деятельности, но не дает никакой информации о рисках влияния технологических процессов на окружающую среду, экологической чистоте продукции, социальной деятельности предприятий.

За отчетный период организация может сформировать несколько видов публичной нефинансовой отчетности, в зависимости от задач, стоящих перед организацией на текущий момент, среди них интегрированные, социальные и экологические отчеты.

Социальный отчет – это публичный документ, в котором отражены основные показатели и результаты деятельности компании в области социальной ответственности и устойчивого развития за год.

Экологический отчёт предусматривает расчёт платы за негативное воздействие на окружающую среду, отчётность об образовании отходов и технический отчёт о том, что в технологическом процессе не произошло никаких изменений.

Таким образом, целью отчёта является информирование заинтересованных лиц о реализации управленческих, экологических, социальных инициатив компании.

Публичная нефинансовая отчётность – один из важных источников, на основании которых на государственном уровне могут приниматься решения о степени достижения обозначенных стратегических целей в организации. [1]

В последние годы стандартизированные формы отчётности получают все большее распространение, поскольку отчёты в свободной форме, хотя и удобны для компаний, но малоэффективны и не могут обеспечить достоверность данных и сравнимость с другими подобными документами, не способствуют оценке и признанию со стороны международных организаций.

В России практика по формированию публичных отчётов только развивается. Отчёты за рубежом формируются на основе стандартов. Так в одном из подходов «Социальный аудит», в котором должна быть полностью раскрыта информация и указаны все показатели, характеризующие масштаб и качество осуществляемой социальной деятельности компании, рассматривается два стандарта: «Глобальная инициатива по отчетности» (Global Reporting Initiative) и AA1000.

Таблица 1

Стандарты подхода «Социальный аудит»

Стандарты	Аспекты	Плюсы стандартов	Минусы стандартов
Глобальная инициатива по отчетности	- экономический - социальный - экологический	При составлении отчета, компания может применять стандарт частично или полностью	Данный стандарт необходимо адаптировать для условий российских компаний
AA 1000	Упорядочивание социальных инициатив организации и повышение их эффективности	Используется информация, которая публикуется самой организацией в открытой печати	Должно пройти определенное время, для того, чтобы публикация нефинансовой отчетности стала нормой для российских организаций

Стандарт AA1000 предназначен для измерения результатов деятельности компаний с этических позиций и предоставляет процедуру и набор критериев, при помощи которых может быть осуществлен социальный и этический аудит их деятельности. Этот стандарт определяет набор критериев оценки социальной ответственности. [2]. Стандартом AA1000 предполагается соблюдение принципов существенности, полноты представления информации и реагирования. Большинство крупных российских компаний уже перешли на ежегодный режим подготовки отчётов в соответствии с тем или иным признанным международным стандартом

Таким образом, появление в России Концепции развития публичной нефинансовой отчетности вписывается в общемировую тенденцию, когда соответствующие инструменты получают развитие благодаря введению государством обязательного раскрытия соответствующих данных для части бизнеса.[2]

С позиций развития этого сегмента отчётности в России рассмотрим ретроспективу.

В России первые социальные отчёты были составлены в 2000 годах, зачинателями стали «Газпром», «Рязанская ГРЭС» и «БАТ Россия». По статистике, представленной на сайте РСПП на ноябрь 2017 года (табл.2), наибольшее количество компаний, выпускающих социальные отчеты, относятся к сырьевой и энергетической отрасли. [3]

Рост количества российских компаний, которые предоставляют добровольную социальную отчетность, произошел лишь к 2012 году, тогда было зарегистрировано 62 отчёта. А до этого: в 2001-2002 гг. было 3 социальных отчета, в 2003 г. – 5, в 2004-2005 гг. – 26.

Существенными факторами, которые способствуют развитию публичной нефинансовой отчетности, являются индексы и рейтинги в сфере социальной ответственности и устойчивого развития. Их число постоянно растёт, ориентируясь на стейкхолдеров, и прежде всего на инвесторов, которые хотят управлять своими рисками на основе полного спектра информации о компании.

Из отчёта Российского союза промышленников и предпринимателей за ноябрь 2017 года видно, что наибольшее количество компаний, выпускающих социальные отчеты, относятся к отрасли Энергетика. В Национальный Регистр нефинансовых отчетов внесены 166 компаний, зарегистрировано отчетов – 824, которые выпущены в период, начиная с 2000 г. В их числе: экологические отчеты (ЭО) – 73, социальные отчеты (СО) – 309, отчеты в области устойчивого развития (ОУР) – 276, интегрированные отчеты – 140, отраслевые отчеты – 26.

Таблица 2

Динамика отчётности в России на ноябрь 2017 г.

Отраслевая принадлежность компаний	Число компаний	Количество отчётов				
		Интегрированные отчеты	Отчеты в области устойчивого развития	Социальные отчёты	Экологические отчёты	Итого
Сырьевая и Энергетическая	79	86	185	108	46	425
Обрабатывающая промышленность	28	46	39	46	20	151
Телекоммуникационная	11	4	8	21	0	33
Финансы и страхование	17	3	21	64	0	88
Жилищно-коммунальное хозяйство	5	1	0	13	1	15
Строительство и транспорт	7	0	8	21	6	23
Образование, здравоохранение	5	0	0	12	0	12
Прочие виды услуг	5	0	9	8	0	17
Некоммерческие организации	5	0	6	28	0	32
ИТОГО	162	140	276	309	73	798

Компании, внедрившие процессы публичной отчетности в системы управления и текущую деловую практику, демонстрируют реальное повышение информационной открытости и ответственности за оказываемые их деятельностью услуги.

Это свидетельствует о более высоком развитии корпоративной культуры таких компаний по сравнению с теми, которые остаются закрытыми для внешнего сообщества, для заинтересованных сторон в своей стране и за рубежом.

Список литературы

1. Нефинансовая отчетность и подход к ее разработке как важнейшему элементу социальной политики российских компаний. [<http://izvestia.usue.ru/download/52/5.pdf>]
2. Распоряжение Правительства РФ от 5 мая 2017 г. № 876-р <http://static.government.ru/media/files/jyIP6Zj9fv4oEbAuVI8V03jxk9r9JIQf.pdf>
3. Российский союз промышленников и предпринимателей. Национальный Регистр и Библиотека корпоративных нефинансовых отчетов. <http://xn--o1aabe.xn--p1ai/simplepage/157>

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ПО СОМНИТЕЛЬНЫМ ДОЛГАМ: АКТУАЛЬНОСТЬ И МЕТОДИКА.

А.Ю. ВОЛОСОВА, А.В. КРАВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация. В данной статье рассмотрена методика создания оценочных резервов по сомнительным долгам в Республике Беларусь. Проанализированы характерные особенности формирования данных резервов. Обоснована необходимость проведения предприятием регулярной оценки и анализа дебиторской задолженности. Выявлена актуальность использования таких оценочных резервов. На основе проведенного исследования установлено, что каждому предприятию необходимо индивидуально определять как временной интервал для группировки дебиторской задолженности по срокам непогашения, так и оптимальный срок формирования резервов с периодичностью, установленной в зависимости от состояния и динамики расчетной дисциплины.

Ключевые слова: резервы, оценочные резервы, резервы по сомнительным долгам.

В течение отчетного года происходит изменение рыночных цен и потребительской стоимости активов и имущества организации. В связи с этим может сложиться ситуация, когда оценка имущества (в основном краткосрочных активов), числящегося в бухгалтерском учете, становится меньше текущей его стоимости на отчетную дату. Это означает возникновение у организации убытков - расходование средств, не приносящее хозяйственной выгоды из-за снижения ценности активов. В соответствии с допущением временной определенности факторов хозяйственной деятельности снижение стоимости активов (оборотных средств) в результате их обесценения и связанный с этим риск возможных убытков должны быть отражены в бухгалтерском учете и отчетности в том отчетном периоде, в котором возникли данные обстоятельства. Если снижение стоимости активов носит кратковременный характер, то для исполнения требования осмотрительности в бухгалтерском учете применяется оценочное резервирование. Оно заключается в корректировке стоимости соответствующих активов на расчетную величину возможного убытка от произошедшего в отчетном периоде снижения стоимости или уменьшения их хозяйственной полезности. Такие корректирующие величины называются оценочными резервами.

В настоящее время допускается создание следующих оценочных резервов:

- по сомнительным долгам;
- под снижение стоимости материальных ценностей;

- под обесценение финансовых вложений.

Действующая система создания резервов предприятий в Республике Беларусь находится в стадии становления. Эта система представляет собой довольно сложный комплекс объектов бухгалтерского учета. Однако применяться эффективно в работе хозяйствующих субъектов резервы полностью еще не могут, т.к. порядок их формирования и использования, а также контроль за их расходованием во многом зависят не только от экономических условий и результатов деятельности предприятий, но и от степени разработанности соответствующей нормативно-правовой базы и ее применения на практике.

На современном этапе рыночных отношений для Республики Беларусь наиболее актуальным является создание резерва по сомнительным долгам. Так, как проблема состоит в том, что в своей деятельности предприятия не всегда проводят регулярную оценку и анализ дебиторской задолженности, отражая ее в бухгалтерской финансовой отчетности без формирования резервов, что в свою очередь приводит к искажению данных бухгалтерского баланса и нарушению требования достоверности бухгалтерской отчетности. В результате чего сумма возможных убытков отражается в активе баланса, что в свою очередь ведет к искажению имущественной оценки организации и, как правило, к искажению ее действительного финансового состояния.

Достаточно часто погашение дебиторской задолженности некоторыми из контрагентов является несвоевременным и маловероятным. Именно поэтому в целях равномерного списания возникающих в этой связи затрат, организации могут воспользоваться правом на создание резерва по сомнительным долгам.

В Республике Беларусь на данном этапе нет четкой модели формирования резерва по сомнительным долгам, что обуславливает актуальность исследования, цель которого изучение порядка и подтверждение необходимости их формирования.

Нормативным документом, регулирующим формирование резервов по сомнительным долгам в Республике Беларусь, является Инструкция по бухгалтерскому учету доходов и расходов №102.

В соответствии с Инструкцией сомнительным долгом признается дебиторская задолженность, соответствующая следующим критериям:

- ✓ образующаяся в результате реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг;
- ✓ не погашенная в срок, установленный договором или законодательством (если срок не установлен - в течение 12 месяцев с даты возникновения дебиторской задолженности);
- ✓ если нет гарантий её погашения [2].

Инструктивно закреплено три способа создания данных резервов, а именно:

- Способ 1 – создание резерва по сомнительным долгам по каждому дебитору. Этот способ целесообразно применять организациям с небольшим количеством дебиторов. Величина резерва по сомнительным долгам равна сумме дебиторской задолженности, признанной сомнительной.

- Способ 2 – создание резерва по группам дебиторской задолженности. Для применения данного способа необходимо дебиторскую задолженность на конец отчетного периода разделить на группы в зависимости от срока ее непогашения.

- Способ 3 – Создание резерва по сомнительным долгам по всей сумме дебиторской задолженности. При использовании данного способа начисляемую сумму резерва по сомнительным долгам определяют как произведение коэффициента сомнительной задол-

женности и суммы выручки от реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг за отчетный период [3].

Каждая организация вправе выбрать и закрепить в своей учетной политике один из предложенных способов.

Учитывая особенности финансовой структуры предприятий Белорусской железной дороги возникает вопрос о рациональности выбора способа создания резервов по сомнительным долгам.

Исследование состояния расчетной дисциплины и организации финансовых взаимоотношений в структуре железнодорожного транспорта позволило научно обосновать выбор второго способа создания резервов по сомнительным долгам, при этом методологической основой данного способа является определение оптимального временного интервала дебиторской задолженности с целью ее группировки по срокам непогашения и периодичность создания резервов. В своих публикациях Т.Н. Рыбак и В.Н. Лемеш использовали единый подход к периоду формирования резервов (поквартально), а в отношении группировки дебиторской задолженности по срокам непогашения авторами предусмотрены интервалы до 12 месяцев в поквартальном разрезе, более 12 месяцев и 12-24, 24-36 месяцев соответственно.

Однако если в качестве критерия оптимальности принять точность результата, то необходимо дробление непогашенной в срок дебиторской задолженности и ее разбиение на группы по дням, декадам, месяцам, что в свою очередь, излишне усложнит расчеты и трудозатраты на их проведение, и вопреки закону экономической эффективности результат не перекроет затраты. При этом нет необходимости и в дальнейшем дроблении дебиторской задолженности по срокам непогашения более 12 месяцев (12-24, 25-36 месяцев и т.д.), что обусловлено переходом непогашенной задолженности одного года в соответствующую группу следующего, а также наличием в расчетах данных о списании дебиторской задолженности за три последующих года. В противном случае отслеживать списание задолженности в период исковой давности нецелесообразно и нарушается временной критерий, заданный Инструкцией №102.

Отметим, что теоретически, в зависимости от того, какой способ группировки выбран, зависит сумма сформированного резерва. Однако результаты проведенного анализа доказывают, что, колебание величины резерва, рассчитанного с использованием разных подходов к группировке дебиторской задолженности по срокам непогашения составляет менее 0,1 %. Это свидетельствует о том, что с целью достижения критерия оптимальности (нивелирование возможных временных колебаний и случайных явлений, снижение трудоемкости расчетов и их точность) следует избрать группировку дебиторской задолженности непогашенной в срок установленный договором или законодательством, и не обеспеченной соответствующими гарантиями до 12 месяцев и более 12 месяцев без детализации.

Оптимальной периодичностью создания резерва в условиях, когда из ст. 129 Налогового кодекса суммы этих резервов исключены из состава внереализационных расходов, учитываемых при исчислении налога на прибыль, следует признать конец отчетного года (31 декабря) [1].

Таким образом, при изучении вопросов формирования резервов установлено, что каждое предприятие должно индивидуально определять как временной интервал для группировки дебиторской задолженности по срокам непогашения, так и оптимальный срок формирования резервов, не единовременно на весь срок деятельности, а с периодичностью, установленной в зависимости от состояния и динамики расчетной дисциплины.

Список литературы

1. Инструкция по бухгалтерскому учету доходов и расходов: постановление М-ва финансов Респ. Беларусь от 30.09.2011 №102 (в ред. от 31.12.2013) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2014-№8/28275.
2. Рыбак, Т.Н. Бухгалтерский учет резервов по сомнительным долгам / Т. Н. Рыбак // Главный бухгалтер. – 2012 – №16 – с 32 -35.
3. Шатров, С. Л. Методические подходы к формированию и использованию резервов по сомнительным долгам в системе железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности): Междунар. сборник научных трудов. Выпуск 7. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 332 с.

РЕВОЛЮЦИОННЫЕ ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Д. ГЛАДКОВ, И.А. БРУСАКОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье сформулированы основные проблемы реализации цифровых систем и методов контроля рабочих процессов производства, рассмотрены существующие концепции и достижения и предложены шаги, которые могут поспособствовать успешному осуществлению данного перехода в нашей стране.

Ключевые слова: революционные цифровые методы контроля, инновационный менеджмент, цифровое предприятие, индустрия 4.0, цифровая экономика

В современном мире цифровых технологий, все глубже проникающих в нашу повседневную жизнь, а также с учетом бурного роста населения планеты вопрос ускорения и упрощения контроля рабочих процессов на предприятии приобретает все большую и большую актуальность. Строительство жилых помещений, обеспечение продовольствием, услуги и организация муниципальных процессов в каждом отдельном городе будет требовать глобального изменения на уровне инфраструктуры. В противном случае, города просто не будут справляться с огромными потоками данных, заказов. Темпы производства будут несопоставимо малы в сравнении со спросом на какую бы то ни было продукцию. На сегодняшний день важность увеличения степени интеграции цифровых методов контроля может показаться мало приоритетной задачей, однако специфика данного перехода заключается в плавности его наступления, что подразумевает аналогичный подход в создании производственных и организационных моделей управления, а именно постепенная, но всеобъемлющая интеграция цифровых методов контроля работы систем и организаций во всех сферах жизни человека. Если мы говорим об организации цифровой инфраструктуры города, то речь идет об интеграции большего числа цифровых решений в различные сферы жизни (удаленный контроль работы электро- и теплоснабжения, оцифровывание и ускорение работы муниципальных и государственных сервисов, усиление мер контроля безопасности с более широким использованием средств наблюдения и идентификации, системы онлайн-собеседований и т.д.). Аналогичная трансформация распространится и на транспорт, бизнес, связь и пр.

На сегодняшний день целостная инфраструктура цифрового сообщества пока не сформирована, и сейчас реализованы и активно применяются лишь некоторые из элементов цифрового контроля. Известными примерами могут служить: облачные

технологии, дополненная реальность, робототехника, попытки создания искусственного интеллекта. Поэтому можно сказать, что предпринимаются уверенные шаги к формированию этой инфраструктуры. Бесспорно, появление целостной системы управления работой той или иной организации будет иметь массу преимуществ: повышение скорости, производительности системы, уменьшение вероятности ошибок, сбоев и быстрых контрмер. Например, если говорить о транспортной системе, то сразу на ум приходит контроль трафика движения: автоматизированный контроль движения для предотвращения пробок, система сигнализации, сообщающая сервисам эвакуации о наличии неисправного транспорта на дороге, которые, как сервисы такси, предлагают вывезти транспорт с места аварии, роботизированный транспорт для расчистки дорог и транспортировки неисправного транспорта в случае аварии. Если брать малый бизнес, то это полностью автоматизированная система производства, обслуживания, доставки с минимумом рабочего персонала. Любой желающий сможет приобрести или взять в аренду компактное оборудование (например, 3D-принтер), открыть небольшое предприятие, которое будет помещаться в школьную аудиторию, массовый аутсорсинг, которые существенно поднимут оборот денежных средств в стране.

Однако реализация некоторых элементов инфраструктуры цифрового общества сдерживается множеством проблем. Самая первая, и пожалуй самая главная – отсутствие сильной потребности в этой целостной инфраструктуре на данный момент. Сегодня происходит интеграция некоторых элементов в существующие организации с целью ускорения темпов производства, оказания услуг и с целью охвата большей аудитории, а также повышения доступности к сотрудничеству, но не происходит кардинальной перестройки инфраструктуры самой организации. Уже сейчас только создающимся предприятиям имеет смысл учитывать в организационной модели возможность глубокой интеграции цифровых методов контроля и осуществления рабочих процессов.

Вторая серьезная проблема – безопасность системы и данных. Чем сложнее система, тем больше в ней уязвимых мест, и риски массовой интеграции цифровых методов контроля на данный момент несопоставимы с потребностями в этой интеграции, опять же в силу отсутствия острой необходимости. Необходима разработка мощных мер защиты, которые смогут предупредить и не допустить утечки, кражи личных данных, минимизировать риск и потери от интернет-атак на инфраструктуру.

Также, очень остро стоит вопрос стоимости реализации. Единственный способ ее преодоления – удешевление стоимости производственных мощностей и программного обеспечения (далее ПО), используемых в работе различных организаций. Это возможно лишь с течением времени и при условии активных поисков возможностей удешевления используемых технологий и сырья.

Вопрос рабочих мест. Все более важную роль со временем станут играть квалифицированные специалисты в области компьютерных и инженерных технологий. Рынок пресытится менеджерами, станут востребованы опытные работники по наладке, установке, техническому обслуживанию, что в перспективе может стать очень прибыльным направлением индивидуального предпринимательства и также повлечь повышение оборота денежных средств.

Повышение обороноспособности страны – вероятно самый сильный сдерживающий фактор, и одновременно один из первых потенциальных причин заинтересованности государств в концепции индустрии 4.0: наряду с ядерным оружием, темпы производства могут стать новым сдерживающим фактором в мировой политике.

Уже видны определенные шаги, которые могут способствовать формированию инфраструктуры цифрового общества, а именно: создание универсальных единых ПО для

различных сфер деятельности по доступным ценам, что позволит определенным образом стандартизировать деятельность организаций и обеспечит возможность системного сотрудничества в формате социальной сети, только для предприятия, когда, например, вам требуется изготовить партию вспомогательных элементов для вашего продукта, и все, включая заключение сделки, заказ на производство, решается онлайн. Примером компании, уже реализующей подобные сервисы, является ЗАО «Галактика», разработчик известной ERP «Галактика».

Есть и еще один, являющийся, пожалуй, не отдельным компонентом инфраструктуры цифрового общества, а инструментом построения этой инфраструктуры, и этим инструментом активно пользуются США – это активное участие частного сектора бизнеса, яркими представителями которого являются такие компании, как Instagram, Facebook, PayPal, Uber, др. Предоставление возможности частному сектору заниматься вопросами создания инфраструктуры цифрового сообщества, где каждая группа предприятий занимается реализацией посредством использования в своей структуре конкретной группы элементов инфраструктуры цифрового сообщества, может позволить организовать целостную инфраструктуру в масштабах страны: все города окажутся экономически и технологически интегрированы в единую взаимосвязанную систему, что будет являться существенным конкурентным преимуществом на мировой арене.

Более активное вовлечение студентов в поиск, разработку решений может дать существенный толчок в вопросе рабочих идей и свежести подхода в силу большей компетенции молодого поколения в вопросах своего будущего. Данный шаг будет являться глобальной передачей бесценного наследия, опыта в области технических, экономических, социальных наук, и послужит хорошей базой профориентации, если еще на этапах обучения студенты будут участвовать в решении вопросов производства, управления и благоустройства жизни их города.

В завершение хочется отметить, что, несомненно, переход к индустрии 4.0 будет впоследствии совершен, однако, скорее всего, переход этот будет происходить плавно, постепенно, и наша задача заключается в том, чтобы включиться в этот поток всеобъемлюще, от государственных и муниципальных подразделений до частных организаций. Поэлементная интеграция цифровых средств контроля работы предприятий позволит создать новый виток в области технологического и образовательного процесса, создать новые рабочие места, специальности, направления обучения, что даст возможность существенно поднять конкурентоспособность отечественной научной базы и удержать молодых специалистов, предоставляя им желаемую перспективную занятость.

Список литературы

1. Брусакова И.А. Теоретическая инноватика. Учебник и практикум.
2. Корпорация Галактика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.galaktika.ru> (дата обращения: 7.3.2018)
3. Эксперты представили план развития инфраструктуры цифровой экономики [Электронный ресурс]. // banki.ru. URL: <http://psystudy.ru/index.php/forauthors/gost2008.html>
4. План развития инфраструктуры цифровой экономики представили для общественного обсуждения [Электронный ресурс]. // corp.megafon.ru. URL: https://corp.megafon.ru/press/news/federalnye_novosti/20171127-1624.html
5. Электронная коммерция [Электронный ресурс]. // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_коммерция
6. Четвертая промышленная революция [Электронный ресурс]. // Википедия URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Четвёртая_промышленная_революция .
7. Что такое «Цифровое предприятие» и как им стать? // tadviser.ru. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровое_предприятие._Digital_Enterprise

8. Стратегия экономического и социального развития Санкт-Петербурга на период до 2030 года [Электронный ресурс]. // Комитет по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга. URL: <http://spbstrategy2030.ru>
9. Четвертая промышленная революция [Электронный ресурс]. // tadviser.ru. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Четвертая_промышленная_революция_\(Industry_Индустрия_4.0\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Четвертая_промышленная_революция_(Industry_Индустрия_4.0))
10. Цифровая система управления производством – важный шаг к Индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. // Control Engineering Россия. URL: <http://www.controlengrussia.com/internet-veshhej/tsifrovaya-sistema-upravleniya-proizvodstvom-vazhny-j-shag-k-industrii-4-0/>
11. 6 этапов на пути к Индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. // tadviser.ru. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровое_предприятие
12. ООН: население Земли к 2050 году превысит 9,8 млрд человек [Электронный ресурс]. // ТАСС Северо-Запад. URL: <http://tass.ru/obschestvo/4357817>
13. Что такое Индустрия 4.0? [Электронный ресурс]. // [Holzex.ru/](http://holzex.ru/) URL: <http://holzex.ru/chto-takoe-industriya-4-0-tsifyi-i-faktyi/>

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ

Э.Ю.ДЖУРАБАЕВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной статье будет рассказываться о системе управления электронным архивом инженерной документации. Будут представлены предпосылки к внедрению инновационной технологии, возможности, которые получит предприятие после внедрения. Примеры внедрения электронного архива за рубежом.

Ключевые слова: система электронного архива, техническая документация, управление проектами, ПО.

Обмен технической информацией является неотъемлемой частью системы документооборота промышленного предприятия. Создание такой системы является одной из сложнейших задач автоматизации, поскольку документооборот, в особенности технический, является глобальной системой, объединяющей бизнес-процессы и структурные подразделения как внутри предприятий, так и при совместной деятельности предприятий.

Научно-техническая документация — это основа любого производственного процесса: в ней закрепляется информация, необходимая в процессе осуществления каких-либо работ, а также при последующей эксплуатации возведенных объектов. Научно-технические документы подразделяются на подвиды, имеющие свою специфику. Согласно «Правилам работы служб научно-технической документации (отделов, бюро, архивов) научно-исследовательских, проектных, конструкторских, технологических организаций и предприятий» научно-техническая документация подразделяется на следующие основные группы:

- научно-исследовательская документация;
- проектно-планировочная документация в области капитального строительства;
- конструкторская документация;
- технологическая документация;
- документация по изобретательству и рационализации;
- специальная документация. [1].

Целью данной работы является анализ системы управления инженерной документацией, выявление методов по ее совершенствованию на современном предприятии.

Информационно-проектная база для управления знаниями конструкторского отдела включает в себя разнообразную информацию по типам и форматам, по объему: конкурсная документация, контракты и приказы, проектная и рабочая документации на строительство и изменения к ним, сметы и изменения к ним, ПОР, ПОС и ППР, акты освидетельствования, заключения, фото и видеоматериалы, и другая необходимая документация. Она может быть в любой момент затребована подрядчиками, субподрядчиками, контролирующими и проверяющими процесс строительства и приемки организациями. Указанная документация собирается по мере исполнения проекта, поступает из внешних источников, а также является результатом выполнения внутренних работ, в частности может создаваться в различных внутренних информационных системах. Следовательно, необходимо внедрить такое ПО, которое позволило бы: (1) вносить и структурировать перечисленную выше информацию по мере исполнения и сдачи проекта; (2) находить информацию по различным критериям и оперативно просматривать ее; (3) обеспечивать необходимые уровни безопасности по доступу. Следовательно, нужно внедрять систему электронного архива.

На сегодняшний день, как правило, в России получение, хранение, выдача инженерной документации реализуется отделом. В соответствии с законодательством, проектное бюро предоставляет на каждый объект в отдел техническую документацию на бумажных носителях. Поступившая документация размещается на длительный срок на стеллажах в отдельно отведенном помещении (архиве). Доступ к документам, находящимся в помещении архива, имеют только специалисты отдела. Приемка, регистрация, выдача инженерной документации осуществляется путем ведения записей в бумажном «Журнале регистрации». Выдача (возврат) документации осуществляется только специалистам, после внесения в журнал регистрации отметок:

- кому выдан (кем возвращен);
- наименование разделов;
- количество экземпляров;
- дата выдачи (дата возврата).

Предпосылки к внедрению:

- Согласно имеющимся оценкам, каждый сотрудник в среднем ежегодно тратит до шести недель рабочего времени на поиски информации, размещенной в «ненадлежащем» месте;

- Не менее 30-40% времени высококвалифицированных специалистов уходит на решение тех или иных задач, связанных с документами;

- Не менее 25% печатных документов любого предприятия хранятся там, где они никогда не будут найдены;

- В процессе работы над каждым бумажным документом в среднем создается 8 его дополнительных копий

Российский опыт делопроизводства выявил проблемы эксплуатации бумажных архивов довольно поздно. Основные производственные мощности страны были возведены без применения цифровых технологий, что повлекло за собой долгий период традиционной работы с бумажным носителем. Бумага — достаточно уязвимый материал для архивирования. Время, влага угрожают целостности бумажного архива. Дублирование

бумажных документов для создания резервного архива вне стен компании также достаточно дорого и отнимает много времени. Динамически развивающийся бизнес приводит к увеличению шкафов и стеллажей для хранения документов.

Практика внедрения современных IT-технологий демонстрирует перспективы внедрения инновационных решений: соотношение количества бумажных и электронных документов составит через пять лет 50% на 50%, а через 10 лет - 30% на 70%. Количество электронных документов удваивается за год, а количество бумажных документов растет только на 7%.

Электронный архив управляет большим количеством документов эффективно и просто. Сокращение или полное устранение потери документов, использование низкзатратных методов копирования и распространения позволяет снижать общие накладные расходы на поддержание архива и трудозатраты на делопроизводство. Электронный архив технической документации простой в обучении и использовании. Интуитивный пользовательский интерфейс основан на типовых навыках работы на персональных компьютерах и уменьшает нежелание персонала пользоваться новой системой.

Электронный архив позволяет хранить точные электронные копии этих документов на электронных носителях, а также оперативно предоставлять безопасный и авторизованный доступ.

Работу по анализу документов можно разделить условно на 3 этапа:

1. Передача документов;
2. Поиск информации;
3. Обработка данных;

Причем время на каждый этап распределяется 60:30:10, соответственно. [2]

Специалисты по эксплуатации, конструкторские отделы постоянно нуждаются в доступе к актуальной информации. Электронный архив предоставляет мгновенную, экономичную доставку документа через e-mail, Интранет или Интернет для удовлетворения своих нужд для ведения бизнеса. Клиенты получают то, что они хотят, персонал получает то, что ему требуется, и каждый получает дополнительную выгоду от снижения затрат и труда на копирование и рассылку документов.

С электронным архивом технической документации компания получает:

Авторизованный доступ клиентов к базе документов, возможность видеть полную информацию по всем подразделениям, филиалам и объектам.

Восполнение потери в производительности благодаря эффективному поиску документов.

Возможность производить различные специфические для данного вида деятельности поиски и выборки.

Быструю и экономичную рассылку документов посредством CD, web и e-mail.

Простое и безопасное цифровое архивирование.

Уменьшение необходимости в физическом пространстве хранения документов за счет использования цифровых хранилищ.

Совокупный полезный результат уменьшения стоимости и более эффективное обслуживание клиентов.

В современном мире много возможностей для улучшения и упрощения жизнедеятельности предприятия, но нередко организации по-прежнему работают по старинке, опасаясь внедрять новые технологии, думая, что экономят на финансовых

составляющих. На самом же деле внедрение электронного архива вместе с удобством в использовании дает колоссальную экономию времени, ресурсов(бумага), средств.

Например, немецкие предприятия активно внедряют в свою повседневную деятельность технологии электронных архивов, поскольку они имеют ряд преимуществ перед бумажными документами. Так, благодаря компьютеризации, в Германии продуктивность инженерного труда выросла в 20-30 раз, то есть один современный инженер способен заменить приличный конструкторский отдел времен кульмана и ватмана.

Уверена, что данная статья сможет аргументированно убедить руководителей современных предприятий в целесообразности внедрения электронного архива для управления инженерной документацией и будет иметь практический результат.

Список литературы

- 1.Правила работы служб научно-технической документации (отделов, бюро, архивов) научно-исследовательских, проектных, конструкторских, технологических организаций и предприятий. Утв. Главархивом СССР // Справочно-правовая система «Консультант плюс». URL: <http://base.consultant.ru / cons / cgi / online. cgi?req=doc; base=ESU; n=15745> (дата обращения: 08.03.2018).
2. Andersen Consulting (1993). The Lean Enterprise Benchmarking Report.London, Andersen Consulting.
3. <http://www.brandmanage.ru/flcs-108-9.html>(датаобращения: 08.03.2018).
4. http://pdm-factory.blogspot.ru/2013/10/blog-post_6.html?m=1(дата обращения: 07.03.2018).
- 5.Управление документацией за рубежом: Учебное пособие / [В.В.Степанова, А.В.Савельева, Л.А.Якубова, Т.В.Судник]. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. — 171 с. (дата обращения: 07.03.2018).
6. <https://www.osp.ru/os/2002/10/181980/> (дата обращения: 08.03.2018).

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ КРЕАТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Т.С. КОВАЛЕВА

Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация. В современных условиях хозяйствования важно не только уметь четко исполнять поставленную руководством задачу, но и проявлять креативность к ее решению. Необходимость творческого подхода к решению проблем породила новую отрасль “креативный менеджмент”. Практика нового подхода широко применяется в зарубежной практике, однако пока не нашла применения в постсоветских странах.

Ключевые слова: менеджмент, креатив, творчество, методика, управление.

В современном мире уже сложно удивить потребителя новыми продуктами или услугами, разработать новые идеи или внедрить новую концепцию. Рынок товаров, услуг и даже наука и искусство редко балуют нас новинками. Сложность изобретения чего-то нового обусловила появление высокого уровня конкуренции. В таких условиях недостаточно выпускать просто хорошую продукцию или оказывать качественные услуги, необходимо стать лидером в своей сфере за счет иных, неординарных концепций, и, как следствие, возникает потребность в постоянном развитии, внедрении новых решений и технологий.

Если в недалеком прошлом главным для руководства было четкое следование инструкциям, выполнение поставленного плана, то в современном мире, в условиях развития рыночной экономики, эти принципы не приводят к положительному финансовому ре-

зультату, их недостаточно для выведения фирмы на новый уровень. На сегодняшний день руководитель, менеджер и другие работники должны не только четко исполнять поставленные задачи, быть ответственными и организованным, но уметь принимать самостоятельные решения, быть инициативным и творческим.

Применение творческого подхода к управленческой деятельности произошло относительно недавно, но, несмотря на это, процесс его внедрения в деятельность компаний идет достаточно быстрыми темпами. Творчество стало неотъемлемой частью управления и, как результат, появился новый вид менеджмента, отвечающий за управление творческим процессом - так называемый «креативный менеджмент».

Креативный менеджмент – действенное управление структурами, процессами и ресурсами для заслуги данных целей с внедрением необычных (творческих) подходов. Целью креативного менеджмента является генерация новых идей и поиск новых решений для достижения успеха страны, фирмы и организации в различных областях.

Креативный менеджмент направлен на решение многих задач, стоящих перед субъектом:

- усовершенствование инструментов и методов менеджмента в процессе реализации основных функций управления предприятием планирования, организации, мотивации, контроля;
- активизация и эффективное использование творческого потенциала управленческого персонала;
- разработка, адаптация и внедрение нестандартных, инновационных управленческих решений;
- подготовка рекомендаций по внедрению управленческих новаций в деятельности предприятий;
- комплексная оценка эффективности разрабатываемых и внедряемых креативных управленческих решений.

Креативный менеджмент отражает специфический аспект управления организацией в условиях непредсказуемости, нестандартных и кризисных ситуаций. Сегодня креативный менеджмент является эффективным инструментом решения трудноразрешимых задач, принятия эффективных нетрадиционных и оригинальных управленческих решений, и управленческих новаций.

Креативный менеджмент направлен на разработку и внедрение нововведений в управленческой деятельности в вопросах планирования, организации, мотивации, контроля, коммуникаций и технологий принятия управленческих решений, другими словами, организационно-управленческих новаций.

Управление развитием и совершенствованием систем креативного менеджмента на предприятиях должно осуществляться на основе научно обоснованных прогнозов, то есть предвидения тенденций технико-технологического, организационно-технологического и социально-экономического развития предприятия на ближайшую и отдаленную перспективы. Подобные разработки должны основываться на принципах системно-креативного подхода к решению проблем, а именно:

- принципе рационального сочетания и применения в процессе разработки нестандартных управленческих решений и управленческих новаций креативных и традиционных методов и моделей их сочетания;
- принципе учета при разработке нестандартных управленческих решений стратегических целей, задач и основных направлений развития предприятия;

- принципе предвосхищения, предполагающем, что разрабатываемые и реализуемые креативные управленческие решения и управленческие новации по результатам их освоения позволят обеспечить либо превзойти планируемые результаты;
- принципе заинтересованности руководителей, управленческого персонала и специалистов в разработке и реализации конкретных креативных управленческих решений и управленческих новаций;
- принципе учета и обеспечения ресурсных потребностей предприятия (человеческих, организационно-экономических, финансовых, материально-технических и др.) для разработки и реализации нестандартных управленческих решений и управленческих новаций;
- принципе научно-практического обеспечения процесса принятия нестандартных управленческих решений и освоения управленческих новаций;
- принципе системного подхода к обоснованию нестандартных управленческих решений и управленческих новаций в целях обеспечения их сбалансированного и комплексного освоения в увязке со стратегическими и оперативными планами развития предприятия;
- принципе этапности, предполагающем вариантность разрабатываемых и реализуемых управленческих решений, и управленческих новаций в соответствии со специфическими особенностями развития ситуации.

Особенностями креативной работы является то, что она требует внутренней мотивации человека, знаний и опыта и носит, в основном, командный характер. Существует несколько условий для возможности решения творческих задач: необходимые знания, опыт, трудоспособность, умение творчески мыслить, т.е. креативность, и личная мотивация.

Кроме того, креативность мышления обуславливают уверенность в себе, активность и лидерство, способность рисковать. Креативные люди всегда стремятся сломать существующие стереотипы, пересмотреть существующие методики, ищут общее в несопоставимом, создают неожиданные комбинации. Креативность опирается на прикладное воображение, интеллект, изобретательность и самообучение.

В современных условиях инновационные идеи почти невозможно реализовать в одиночку, поэтому при разработке новых продуктов вместе работают специалисты разных областей: маркетологи, дизайнеры, технологи, инженеры, экономисты и даже потребители. На предприятиях из такого рода инноваторов создаются условные творческие группы.

Разработка креативных идей основана на непрерывном творческом процессе. По мнению многих авторов, существует несколько этапов творческого процесса:

1. Определение цели или выделение проблемы.
2. Подготовка к достижению цели, решению проблемы (сбор необходимой информации, ее анализ).
3. Поиск на основании имеющихся данных решения (как правило, этот этап основывается на рассмотрении стандартных решений).
4. Этап озарения, т.е. разработка нетривиального решения.
5. Верификация и оценка возможности применения разработанного решения.
6. Презентация, доведение результата до заинтересованных лиц.

Данные этапы свидетельствуют о том, что творческий процесс требует больших усилий и наличия достаточного времени для разработки инновационного решения. К сожалению, на предприятиях не всегда есть возможность располагать большим количеством времени, зачастую это недочет руководителя или иных лиц, которые не вовремя сообще-

ли о необходимости разработки решения. Однако существуют ситуации, когда решения нужно принимать быстро не из-за чьей-то недобросовестной работы, тогда разработка креативного решения или идеи зависит от таланта и опыта менеджера или руководителя.

Исключительно важную роль в решении инновационных проблем и задач играют методы и технологии креативного мышления и креативного менеджмента для поиска новых идей. В практике креативного менеджмента широко используются общеизвестные эвристические, математические и комбинированные методы. Помимо них креативной менеджмент имеет специфические методы, которые можно объединить в три группы:

1. Методы психологической активизации мышления (мозговой штурм, обратная мозговая атака, аналогии, синектика, конференция идей).
2. Методы систематизированного поиска (списки контрольных вопросов, оператор РВС, морфологический анализ, функциональный анализ, метод синтеза оптимальных форм).
3. Методы направленного поиска (функционально-стоимостной анализ, функционально-физический метод и т.д.).

На практике широко применяется метод мозгового штурма – оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать как можно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастичных. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике. Для наибольшего эффекта собирается группа людей разных возрастов, профессий, квалификация и т.д. и заранее оговаривается, что приветствуются любые, даже самые необычные идеи.

Метод обратной мозговой атаки основан на выявлении недостатков объекта или решения с целью его последующего совершенствования.

Синектика – это техника решения спорных вопросов, стимулирующая мыслительные процессы, направленность которых, как правило, неожиданность и случайность. Кроме того, синектика – это подход к творческому мышлению, зависящий от понимания возможности комбинирования несовместимых, на первый взгляд, вещей. В общих чертах ее цель можно определить так: "делать необыкновенное привычным и делать привычное необыкновенным"

Суть метода применения оператора РВС состоит в том, чтобы мысленно изменить параметры (размер, нахождение во времени, стоимость) исследуемого объекта. Это позволяет взглянуть на продукт, товар, услугу по-новому, увидеть ранее не замечаемые свойства и возможности объекта.

Идея метода синтеза оптимальных форм состоит в том, чтобы соединить, интегрировать объекты из самых разных областей воображения и реальной действительности.

Каждый из методов направленного поиска нацелен облегчить поиск решения творческих задач по сравнению с методом проб и ошибок, так как основан на математических вычислениях.

Целесообразность применения того или иного метода зависит от сложности решаемой задачи.

Следует учитывать, что одним из условий развития креативности общества является обеспечение социальных условий для ее развития. Именно общественные и экономические институты способствуют или тормозят проявлению креативности.

Почти все западные и японские фирмы применяют в своей практике методы креативного менеджмента, который стал одним из важнейших факторов быстрого инновационно-

го развития стран, регионов, предприятий. Это говорит о необходимости применения и развития методов креативного мышления и менеджмента для повышения эффективности и ускорения инновационного развития в различных сферах.

Необходимо обучать методам креативного мышления студентов и специалистов, а также формировать такое мышление у детей. Давно известно, что образование закладывает потенциал успеха в дальнейшей профессиональной деятельности специалиста. В процессе образования формируется комплекс необходимых знаний и навыков, профессиональных установок, готовность к определенным видам деятельности и к ее ролевой структуре.

В последние годы и в странах СНГ появились разработки теоретических основ и методических средств активизации творческого, креативного мышления. Однако на практике креативный менеджмент применяется достаточно редко. Руководители отечественных предприятий не заинтересованы во внедрении креативных инструментов и методов управления. Зачастую предприятие ограничивается введением новых Интернет-технологий, современных программ и технических средств, не уделяя внимание развитию креативного мышления. Главными причинами низкой заинтересованности руководства компаний в применении креативного менеджмента и его инструментов можно назвать следующие:

- отсутствие знаний и методических рекомендаций по применению креативных методов и механизмов принятия управленческих решений;
- сложившийся исторически авторитарный стиль управления предприятием, когда мнение руководителя неоспоримо;
- отсутствие установок на изменение сложившейся ситуации, т.е. нежелание менять устои;
- непонимание менеджерами значения новаций для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия;
- отсутствие достаточно квалифицированных кадров, недостаток у них знаний, опыта и компетенции в вопросах разработки креативных идей;
- противоречие взглядов на новую идею;
- неготовность руководства оплачивать креативные решения, когда есть более дешевые способы, хоть и менее эффективные.

Помимо вышеприведенных факторов можно выделить и другие, например, неспособность или неумение творчески мыслить, боязнь взять на себя ответственность за разработанное решение и др.

Системы креативного менеджмента предприятий, разрабатывая и внедряя управленческие инновации, изменяют организационные структуры управления, бизнес-процессы, происходящие в организации, реализуются в новых алгоритмах и методах принятия и реализации управленческих решений, передаче определенных функций в аутсорсинг, повышении качества обслуживания клиентов, механизмах продвижения производимой продукции на рынок и др. В бесконечных кризисах, дефляциях и падениях рынка ключевой движущей силой любого предприятия являются люди. С поправкой на действительность — люди с креативным или, иными словами, созидательным мышлением. Поэтому для развития творческого потенциала страны необходимо сосредоточиться на создании и реализации образовательных программ подготовки и переподготовки руководителей и управленческого персонала, развитии креативного мышления еще на стадии детских садов и школ. Развитие научных основ технического творчества, разработка методик активизации

творческого процесса, обучение основам творчества стали необходимы на современном этапе развития.

Список литературы

1. Горелов Н.А., Литун О.Н, Мельников О.Н. Человеческие ресурсы в креативной экономике // Креативная экономика. – 2007.– №1. С. 6-8.
2. Золотарева А.Ф., Степанов А.А., и др. Креативный класс и проблемы развития инновационных систем в экономике.- М. : ООО «РПЦ Офорт», 2013. 175 с.
3. Макаренко О.Г. Креативный менеджмент: учебное пособие / О.Г. Макаренко, В.Н. Лазарев. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 154 с.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Н.С. КУЗНЕЦОВА

Белорусский государственный университет транспорт)

Аннотация. В статье определяется сущность бизнес-процесса. В соответствии с их многофункциональностью приведена классификация бизнес-процессов. Рассмотрены основные бизнес-процессы и их подпроцессы для предприятий железнодорожного транспорта. Обоснована сущность внедрения процессного подхода для организаций железной дороги.

Ключевые слова: управление, процессный подход, бизнес-процесс, подпроцесс, железная дорога.

В последние годы стремительное развитие получили предприятия, функционирующие в отрасли производства, а конкретнее, их производственные силы и производственные отношения. Такой бурный рост требует усовершенствования технологий управления процессом производства, а также контроля не только этих процессов, но и экономики в целом.

Неотъемлемой частью любого производства является логическая последовательность действий (набор операций), в ходе которых потребляются ресурсы (как материальные, так и нематериальные) и в результате которых производится определенная продукция или услуга в широком смысле [1, с.88]. Такая категория, согласно стандарту ISO 9000:2000, называется процессом. Он осуществляется с помощью определенного механизма (способа, технологии) и управляется конкретным исполнителем (группой).

Используя данный подход во внутренней среде организации (во внутрикорпоративной иерархии), компания становится организацией, где существуют и производители, и потребители продуктов труда, услуг. Причем это распространяется на всю деятельность компании, на весь оборот капитала и требует тщательного контроля [5, с.123].

Таким образом, хозяйственная деятельность компании может быть разделена на экономические единицы, за каждой из которых стоит конкретный потребитель как внутри компании, так и за ее пределами. Такой подход называется процессным, для анализа и контроля компании как экономической единицы используется категория, которая называется бизнес-процесс, представленный на рисунке 1.



Рисунок 10 - Графическое описание бизнес-процесса

Согласно процессной модели управления бизнес-процесс делится на элементы, каждый из которых также имеет конкретные измеряемые «входы» (ресурсы) и «выходы» (результаты). Руководитель контролирует их лишь на границах бизнес-процесса. Здесь особенностью является то, что контролируется не технология, а границы бизнес-процесса. Исполнитель вправе сам выбирать технологии, ресурсы, механизмы, необходимые для достижения результата.

Благодаря многофункциональности бизнес-процессов, их можно классифицировать на некоторые группы:

основные – непосредственно ориентированные на производство продукции, предназначенной для внешнего потребителя, от выполнения которых компания получает доход;

вспомогательные – сопровождают осуществление основной деятельности, их продукция предназначена для потребления основным бизнес-процессом (материально-техническое обеспечение деятельности компании, производственные процессы, маркетинг и продажи, закупки и др.);

обеспечивающие – создают благоприятными условия развития и выполнения иных бизнес-процессов организации (информационное обеспечение, документооборот, управление персоналом и др.);

управления и развития – выполняют функцию управления предприятием (управление проектом, управление качеством, стратегическое управления и др.) [5, с.125-126].

Таким образом, в рамках компании бизнес-процесс можно определить как экономическую единицу, включающую совокупность взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание определенного продукта или услуги внутренних потребителей.

Наиболее целесообразно использовать процессный подход в условиях развития внутреннего контроля и аудита. Ведь именно такой подход рассматривает деятельность организации как набор процессов, описанные выше. Процессы, в свою очередь, являются совокупностью взаимосвязанных видов деятельности, преобразующих входы в выходы.

Переноса практику использования процессного подхода в обеспечении эффективности деятельности и осуществлении внутривозвратного контроля на предприятие железной дороги можно сформулировать ключевые задачи в системе управления:

Ориентировать руководителей и коллективы на приоритетное решение бизнес-задач.

Обеспечить рост качества перевозочных и логистических услуг, а через них – удовлетворенности клиентов и объемов продаж.

Добиться скоординированной работы функциональных вертикалей и различных подразделений предприятия.

Процессный подход, в свою очередь, позволяет построить прозрачную систему планирования, создает организационно-методическую основу для устранения непроизводительных операций и позволяет повысить слаженность производственной деятельности.

Главными преимуществами такого подхода являются:

Координация действий различных подразделений в рамках процесса.

Ориентация на результат процесса.

Повышение результативности и эффективности работы организации и др.

Успешное внедрение процессного подхода имеет тесную связь с целями и задачами внутреннего аудита предприятия. К целям необходимо отнести системное обеспечение проведения проверок, анализ информации и мониторинг надежности процедур в системах внутреннего контроля и управления рисками для сохранения финансовой устойчивости и повышение эффективности бизнес-процессов предприятия [3]. Исходя из этого, задачи внутреннего аудита будут следующие:

организация и проведение проверок, направленных на повышение эффективности и результативности бизнес-процессов предприятия, сохранность активов, соблюдение требований законодательства и нормативных документов;

оценка эффективности СВК и управления рисками;

разработка предложений и рекомендаций по совершенствованию бизнес-процессов, направленных на повышение эффективности и экономичности деятельности.

Таким образом, сформулировав цели внутреннего аудита предприятия, можно определить базовые понятия (элементы) процессного подхода для проведения аудиторских проверок. Таковыми являются бизнес-процесс, бизнес-единица, риск, контрольная процедура. Рассмотрим каждый из них.

Бизнес-процесс - устойчивая, целенаправленная совокупность взаимосвязанных действий (последовательность работ), которая по определенной технологии преобразует входы в выходы, представляющие ценность для потребителя, как уже было сказано ранее [2].

Предположим, что на железной дороге функционируют 20 бизнес-процессов, созданных в целях риск-ориентированного покрытия внутренним аудитом деятельности транспортной организации:

15 операционных (снабжение, электроэнергетика, локомотивный комплекс, железнодорожные вокзалы, связь и др.)

5 управленческих (планирование и бюджетирование, бухгалтерский учет и отчетность, информатизация и др.)

Любой процесс на предприятии имеет свои риски. Бизнес-процесс также имеет их, однако здесь присутствуют свои специфичные особенности т.к. он состоит из подпроцессов, для каждого из которых существует десяток рисков.

Рассмотрим бизнес-процесс «Снабжение». Он состоит из ряда операционных блоков (подпроцессов), которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Операционные блоки бизнес-процесса «Снабжение»

1 Планирование	5 Приемка.
2 Выбор поставщиков	6 Хранения
3 Заключение договоров	7 Состояние имущества
4 Поставка	8 Прочие виды деятельности
	9 Учет и отчетность

Каждый из этих процессов имеет значительную роль в бизнес-процессе «Снабжение», однако, при всей этой важности, является достаточно рискованным. После выявления рисков необходимо разработать реестр рисков, который позволит определить риски с той или иной вероятностью, а конкретно с наибольшей, наименьшей и умеренной. Стоит заметить, что степень вероятности – субъективный показатель. Реестр для бизнес-процесса «Снабжение» представлен в таблице 2[4].

Таблица 2

Реестр бизнес-процесса «Снабжение»

Операционные блоки (подпроцессы)	Наименование риска	Оценка риска		
		Оценка вероятности риска	Оценка эффекта от реализации риска	Итоговая оценка риска
1	2	3	4	5
Планирование	Некорректное планирование закупок материально-технических ресурсов (далее – МТР)	Очень низкая	Средний	Средний
Выбор поставщиков	Выбор неблагонадежного поставщика МТР или выбор неоптимального поставщика (по цене или условиям поставки), а также не соблюдение порядка проведения процедур по выбору поставщика	Очень низкая	Средняя	Низкий
Заключение и исполнение договоров на покупку МТР	Заключение договоров покупки МТР по неоптимальным ценам или условиям. Несанкционированное изменение договорных объемов или сроков поставки	Очень низкая	Высокий	Средний
	Нарушение поставщиками (сторонними компаниями) обязательств по поставкам МТР	Низкая	Высокий	Средний
	Нарушение поставщиками обязательств по поставкам МТР	Очень высокая	Очень высокий	Высокий

Так, проведя исследование каждого из элементов, можно зафиксировать их взаимозависимость и определить роль каждого из них в процессном подходе.

Сформулировав цели и задачи аудита, можно сделать вывод о том, что бизнес-процесс является объектом аудита, а бизнес-единица уже ответственное операционное подразделение. Оба этих процесса непосредственно связаны с риском – потенциально существующей вероятностью потери ресурсов или неполучения доходов. Здесь огромную роль имеет контрольная процедура – мероприятия, действия сотрудников, автоматические

операции или комбинация данных процессов, осуществляемые на различных уровнях организационной структуры, направленные на уменьшение вероятности наступления риска и/или минимизацию возможного ущерба в случае его реализации. Важно заметить, что контрольная процедура является элементом СВК и непосредственно связана с риском, поскольку направлена на его сдерживание в приемлемом уровне.

Подпроцессы в зависимости от особенности функционирования каждого предприятия различны. В примере рассмотрен стандартный набор. Однако, железнодорожный транспорт включает специфические бизнес-процессы и подпроцессы (ТО, КР). Здесь целесообразна разработка стандартизированных подходов к внутреннему аудиту, оценки эффективности и осуществление каждого подпроцесса. Таким образом, подробное исследование бизнес-процесса показало, что на современном этапе развития экономики, он является необходимым для успешного и эффективного функционирования предприятий не только железнодорожного транспорта, но и других отраслей в целом. Реализация процессного подхода в организации и проведение внутреннего аудита позволит сформировать эффективную последовательную модель контрольного механизма для повышения результативности финансово-хозяйственной деятельности и эффективности бизнес-процессов и сохранения финансовой устойчивости предприятий.

Список литературы

1. Ковальская М.И. Под ред. В.А.Козырева Корпоративный менеджмент на железнодорожном транспорте. Учебное пособие для студентов специальностей «Менеджмент организации» и «Управление персоналом». – М.:МИИТ, 2008, - 231 с
2. Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы. Регламентация и управление. — М.: Инфра-М, 2005
3. Положение об организации внутреннего аудита в холдинге «РЖД» [Электронный ресурс] : [утверждено решением совета директоров ОАО «РЖД», 7 дек. 2015 г., № 22] – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=600561#0> – Дата доступа : 05.02.2018.
4. Процессный подход в организации и проведении внутреннего аудита (практика ОАО «РЖД»): II практическая конференция «Внутренний контроль и аудит в России: новые перспективы и возможности», Москва, 27 февраля 2015 г. – Режим доступа: <http://conf-audit.ru/wp-content/uploads/2014/10/Podkopaev.pdf> – Дата доступа: 08.02.2018.
5. Шатров, С.Л. Аутсорсинг бизнес-процессов транспортных систем : [монография] / С.Л. Шатров, О.В. Липатова, И.А. Кейзер. – Гомель: БелГУТ, 2017. – 203 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РИСКАМИ В КОММЕРЧЕСКИХ БАНКАХ ВЬЕТНАМА

НГУЕН КХАНЬ НГОК

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)

Аннотация. Развитие банковского бизнеса и предложение новых банковских продуктов проходит в условиях неопределенности формирования конечных результатов деятельности, что, с одной стороны, повышает рискованность банковских операций, а с другой - сказывается на объемах кредитования экономики. При проведении оценки эффективности управления финансовыми рисками, результаты представляют в следующих: в коммерческих банках Вьетнама обнародован довольно полный набор внутренних правил и процедур по управлению рисками во всех аспектах в соответствии с положениями Госбанка Вьетнама, в частности. Современная информация обеспечивает предотвращение, строгий контроль риска и гибкую обработку связанных с ними проблем по мере их возникновения, а также обеспечивает ответственность каждого человека и организации.

Развитие банковского бизнеса и предложение новых банковских продуктов проходит в условиях неопределенности формирования конечных результатов деятельности, что, с одной стороны, повышает рискованность банковских операций, а с другой - сказывается на объемах кредитования экономики.

Во Вьетнаме составная часть финансово-кредитная система – банковская система испытывает на себе влияние общих и специфических финансовых рисков. Эти риски обусловлены необходимостью управления привлеченными от клиентов средствами и присутствием на балансе наряду с высоколиквидными и быстрореализуемыми активами (ценные бумаги), таких активов, как кредиты и депозиты, которые не могут быть мгновенно реализованы. Поэтому требуется эффективное управление финансовыми рисками в кредитных организациях, назрела необходимость формирования единой нормативно-методической базы по управлению рисками и комплексной оценке финансового состояния банков-партнеров.

Результаты получены после проведения оценки эффективности управления финансовыми рисками в коммерческих банках Вьетнама представляют в следующих:

Таблица 1.

Показатели эффективности и безопасности бизнеса VCB в период 2010-2015 гг. [1] (млрд. VND)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Эффективный эффект						
NIM	2,83%	3,41%	2,93%	2,55%	2,35%	2,58%
ROAE	22,55%	17,08%	12,61%	10,33%	10,76%	12,03%
ROAA	1,50%	1,25%	1,13%	0,99%	0,88%	0,85%
Показатели безопасности						
Коэффициент выдачи	84,88%	86,68%	79,34%	80,62%	75,92%	76,74%
Коэффициент плохой задолженности	2,83%	2,03%	2,40%	2,73%	2,31%	1,84%
Коэффициент достаточности капитала CAR	9,00%	11,14%	14,63%	13,13%	11,61%	11,04%
Доля						
Обыкновенные акции (млн. Акции)	1.322	1.970	2.317	2.317	2.665	2.665
Коэффициент выплаты дивидендов (% / год)	12	12	12	12	10	10
Цена акций (конец года) (VND)	26.820	20.130	26.230	26.800	31.900	43.900
Ограничение рынка	35.466	39.652	60.786	62.107	85.014	116.994
Интерес к CP (VND)	2.105	1.789	1.623	1.582	1.533	1.626
DPS (VND / CP)	12%	1.200	1.200	1.200	1.000	1.000

Во-первых, Внешнеторговый банк Вьетнама (англ. Vietcombank – VCB) обнародовал довольно полный набор внутренних правил и процедур по управлению рисками во всех аспектах в соответствии с положениями Госбанка Вьетнама, в частности. Это соответствует международной практике, но в соответствии с реальностью Вьетнама в целом и реальностью VCB, в частности.

Во-вторых, модель управления рисками VCB в целом и управление рисками в частности являются относительно современными и постепенно адаптируются к международным банкам на основе информационных технологий. Современная информация обеспечивает предотвращение, строгий контроль риска и гибкую обработку связанных с ними проблем по мере их возникновения, а также обеспечивает ответственность каждого человека и организации.

В-третьих, в целях повышения эффективности управления рисками VCB внедрил комплексное, научное и систематическое управление рисками для выявления, контроля, предотвращения и минимизации потерь, потери, неблагоприятные последствия риска. Управление рисками VCB обеспечивает стабильную работу бизнеса, помогая всей системе устойчиво и устойчиво расти.

В-четвертых, эффективное управление рисками, обеспечение престижа и конкурентоспособности VCB во всей банковской системе Вьетнама, постоянно укрепляют репутацию банка, а также сохраняют клиентов, привлекают новых клиентов.

Список литературы

1. Joint Stock Commercial Bank for Foreign Trade of Vietnam (2009-2015): Annual report, years 2009 – 2015, Ha Noi.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА "ГОРОДСКИЕ ПРИЧАЛЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА"

М. Г. ПОДЛЕВСКИХ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассматривается проект "Городские причалы Санкт-Петербурга" и вопрос о целесообразности его развития.

Ключевые слова: водные перевозки, перспективы развития, городские причалы.

Санкт-Петербург является одним из главных туристических городов Европы, который привлекает туристов своей красотой и архитектурой. Но особое внимание занимают туристические и экскурсионно-прогулочные поездки по рекам и каналам. Не зря наш город получил неофициальное название "Северная Венеция", благодаря огромному числу каналов.

За последние годы объем водных пассажирских перевозок в городе непрерывно растет. Это непосредственно отражает востребованность данного вида перевозок в городе. А для компаний дает перспективу развития в данной отрасли.

На рисунке 1 видна статистика пассажиропотока в период с 2010 по 2015 год. За 2016 год пассажиропоток на водных туристских маршрутах составил 118 192 пассажира; пассажиропоток на экскурсионно-прогулочных маршрутах на реках и каналах Санкт-Петербурга составляет 2 500 000 пассажиров, согласно отчету комитета по транспорту.

Виды маршрутов	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Пассажиропоток на экскурсионно-прогулочных маршрутах	1,280	1,004	1,376	1,370	1,723	2,003
Пассажиропоток на туристских маршрутах	0, 276	0,206	0,186	0,230	0,136	0,087
Пассажиропоток на транспортных маршрутах	0,904	1,066	0,771	0,697	0,98	0,059
Всего пассажиров	2,184	2,276	2,333	2,297	2,839	2,149

Рис. 1. Статистика пассажиропотока по годам

Как видно из приведенной таблицы рост пассажиропотоков на внутреннем водном транспорте Санкт-Петербурга непрерывно растет, но медленным и неравными темпами, что обусловлено неразвитостью водной инфраструктуры в Санкт-Петербурге, что свидетельствует о существовании проблем, которые мешают развитию данной отрасли в Санкт-Петербурге.

Первая проблема — это недоступность причалов в центре города. Весь основной спрос на данные поездки сосредоточен в центре города, где расположены главные достопримечательности. Швартовка в таких местах стоит около двух тысяч рублей. Данный фактор непосредственно влияет на итоговую стоимость для потребителей, что может отпугивать потенциальных потребителей, которые не готовы платить слишком высокую цену.

Следующая проблема проявляется в технически устаревших причалах. Многие причалы в Санкт-Петербурге были построены еще в СССР и с тех пор проводятся только мелкие ремонтные работы по поддержанию их в работоспособном состоянии. В результате этого существуют причалы, которые находятся в критической ситуации, и швартовка на них становится небезопасной.

Также проблема проявляется в монополизации причалов, что не позволяет выйти на рынок транспортных услуг новым игрокам. Данный фактор препятствует здоровой конкуренции на рынке, что может негативно сказаться на развитии данной отрасли в Санкт-Петербурге.

Если ситуации с данными проблемами не будет решаться, то в будущем высока вероятность стагнации в данной отрасли. Поэтому комитетом по транспорту был предложен инновационный проект.

Проект "городские причалы Санкт-Петербурга" предлагает решение данных проблем и развитие водной инфраструктуры. Суть проекта заключается в создании сети причалов и предоставление этих причалов в аренду физическим или юридическим лицам на платной основе. Благодаря данному проекту перевозчики получают дополнительные места для швартовки в центральной части города на абсолютно равных возможностях.

Одной из задач проекта было уменьшение теневого сектора экономики в данной отрасли. С помощью таких причалов деятельность судов становится более открытой.

Доход от данного проекта идет в бюджет Санкт-Петербурга, что является бесспорно положительной стороной проекта.

В связи с тем, что услуги по водной перевозке пассажиров носят сезонный характер, где пик спроса приходится на июль и август, то данные причалы на зимний период разбирают и собирают в начале весны. Для этого проводится специальный тендер, где выбирается лучший производитель причалов. Поэтому основная часть затрат, связанная с реализацией проекта, приходится на монтаж оборудования. Но как показывает практика последних лет выручка от проекта все же больше затрат.

Для пользования причалами заключается договор с СПб ГКУ «Агентство внешнего транспорта», в котором указываются:

- Сведения о заявителе
- Характеристики судна
- Данные о лицензии на выполнение пассажирских перевозок
- Расписание подхода судов к причалу

На причалах ведется уборка и техническое обслуживание, что делает их более востребованными по отношению к другим причалам. Также причалы снабжены видеонаблюдением, что позволяет фиксировать судна, которые швартовались к причалу. После несанкционированной швартовки, хозяину судна придет штраф. Это позволяет избежать бесплатной или несогласованной швартовки судов.

На рисунке 2 отмечены все места для швартовок по проекту городские причалы.



Рис. 2. Места для швартовок

Из рисунка видно, что большинство причалов расположены в центре города. Такое размещение причалов делает их еще более привлекательными для перевозчиков из-за концентрации потребителей в культурном центре города. Данное расположение выгодно для всех субъектов (перевозчики, потребители и правительству).

Проект "городские причалы Санкт-Петербурга" предусматривает систему скидок для перевозчиков. Так за одно причаливание перевозчик платит 600 рублей, а если заключил договор на 1000 швартовок, то платит 320 рублей. Тут заметна тенденция, что правительство всячески старается расширить клиентскую базу и создавать ситуацию, когда перевозчикам экономически не выгодно участвовать в проекте в краткосрочной перспективе.

Также для удобства пользования создан личный кабинет, который позволяет перевозчикам:

- Оплачивать онлайн

- Получать статистику швартовок
- Отслеживать свободные время и даты для перевозок

Все эти удобства позволяют перевозчикам упростить процесс бронирования швартовки и оплаты причаливания.

Данный проект начал действовать в 2014 году с августа по октябрь, когда построили первые 4 причалов. Арендаторам были предложены 4 причала на Адмиралтейской, Дворцовой и Арсенальной набережных. Всего заключено 12 договоров с юридическими и физическими лицами, выполнено 387 причаливаний. Даже в конце сезона, когда начал действовать проект, его результаты показали необходимость расширения проекта и запуска его в полную мощность.

Дальнейшее развитие проекта «Городские причалы Санкт-Петербурга», а также развитие прочих элементов водной инфраструктуры Санкт-Петербурга позволит существенно увеличить пассажиропотоки за счет туристов, пассажиров, также в период навигации это снизит нагрузку на общественный транспорт, загруженность автомобильных дорог Санкт-Петербурга.

Список литературы

1. Отчет комитета по транспорту <https://gov.spb.ru/static/writable/mediact/materials/2017/03/17/1.pdf>
2. Городские причалы Санкт-Петербурга <http://www.prichal-spb.ru/index/about>
3. Отчет комитета по транспорту <https://gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2016/03/28.pdf>

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА РОСАТОМА: ИСТОКИ, РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.С. РЯСКОВ, Я.С. РЯСКОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и внедрением производственной системой Росатом, на предприятиях государственной корпорации. Прослежены истоки ПСР с научными системами управления, применяемыми в других странах и России до 1917 г. Рассмотрено влияние научных школ управления, сформированных в СССР в 1920-1930-е гг., советской системы научной организации труда, производства и управления, методик Минсредмаша, производственной системы «Тойота». Проанализировано понятие производственной системы Росатом, стратегические цели и задачи, принципы построения и используемые инструменты. Показан опыт внедрения ПСР на предприятиях атомной отрасли с 2008 г. по настоящее время.

Ключевые слова: научные системы управления, производственные системы, ГК «Росатом»

С 2008 г. на предприятиях государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (ГК «Росатом») внедряется производственная система Росатом (ПСР), представляющая собой культуру бережливого производства и систему непрерывного совершенствования процессов для обеспечения конкурентного преимущества на мировом уровне. Методики, идеологии и конкретные инструменты повышения производственной и управленческой эффективности деятельности ГК «Росатом» в своей совокупности образуют ПСР. Это методически целостный отраслевой комплекс взаимосвязанных производственных процессов, в которых действия, не создающие ценность, сведены к минимуму в результате последовательных улучшений при помощи принципов, правил, инструментов и методов [1].

ПСР не является созданным с нуля или заимствованным с других стран продуктом. Она является системой эффективного управления производственными процессами в современных экономических условиях. ПСР базируется на системах управления, используемых в России до 1917 г., советской системе научной организации труда, производства и управления (НОТПиУ), разработках Министерства Среднего Машиностроения. Кроме того, в ПСР включены лучшие достижения и инструменты из других современных методических платформ, в т.ч. из Японии [2].

Речь идет о системе Тейлора, широко использовавшейся, в дореволюционной России, о комплексном подходе к организации труда, эффективному использованию экономических ресурсов, о вкладе основателя Центрального института труда А.К. Гастева, в т.ч. по исследованию и рационализации рабочих операций, модели непрерывного обучения рациональному труду. 16 заветов, изложенные в памятке А.К. Гастева «Как надо работать», актуальны сегодня и успешно используются в ПСР. Производственная система «Тойота» появилась в виде синтеза научных идей в сфере управления и их дальнейшего развития. В результате появился не просто набор отдельных методик и практических инструментов, а системная производственная философия, востребованная в любом виде бизнеса [3].

Именно на этой научной базе, творчески переработанной и адаптированной к специфике Росатома, строится сегодня ПСР. Новые стратегические цели, поставленные перед ГК «Росатом», а именно: достижения технологического лидерства в области ядерных технологий (повышение доли на международных рынках), снижения себестоимости продукции и сроков протекания процессов, создания новых продуктов для российских и международных рынков, обеспечение безопасности, в новых экономических условиях, требует использования новых методов и подходов, новой производственной системы. Стратегические цели подразделяется на более мелкие задачи, имеющие зримые, измеряемые показатели.

Таким образом, ПСР нацелена на достижение эффективности всех видов деятельности, от ядерной медицины и генерации электроэнергии до ядерно-оружейного комплекса и должна обеспечить конкурентоспособность ГК «Росатом» ко всем странам и производителям, работающим в этой отрасли. Производственная система Росатом базируется на 5 принципах, изложенных в Декларации о ПСР [2]:

- быть внимательными к требованиям заказчика;
- решать проблемы в месте их возникновения;
- встраивать качество в процесс, не производить брак;
- выявлять и устранять любые потери;
- быть примером для коллег.

Для достижения стратегических целей госкорпорации, реализации 5 принципов ПСР используются специализированные инструменты, включающие в себя [4]:

- Система 5С, как эффективный метод организации рабочих мест;
- Поток создания ценностей. Последовательность действий в процессе создания продукта для заказчика. ПСЦ охватывает процессы от отгрузки продукта до поступления сырья или запроса на выполнение действия;
- Картирование потока создания ценностей. Визуализация и анализ материального и информационного потоков в процессе создания ценности от поставщика до заказчика;

- Поток единичных изделий. Технологическая цепочка в соответствии со временем такта разбита на операции, между которыми передача изделий происходит по одной штуке (или минимальной партии);
- Всеобщее обслуживание оборудования, позволяющее обеспечить наивысшую эффективность оборудования на протяжении всего жизненного цикла;
- Быстрая переналадка. Процесс переналадки для перехода от производства одного вида детали к другому за максимально короткое время;
- Стандартизированная работа. Инструмент, в основе которого лежит точное измерение и документирование действий каждого оператора, отображающее самый эффективный способ производства, основанный на движениях человека;
- Решение проблем методом «одна за одной». Поэтапное решение производственных проблем, что позволяет выявить его суть и принять эффективные меры для разрешения ситуации и исключения ее возникновения в будущем;
- Визуальное управление. Мониторинг ключевых показателей деятельности предприятия: безопасности, качества, исполнения заказа, затрат, персонала;
- Производственный контроль. Мониторинг отклонений выпуска продуктов или услуг от целевых показателей. Осуществляется на ключевых стадиях процесса.

Апробация ПСР прошла на пилотных площадках машиностроительного завода в Электростали и ОАО «ЗиО-Подольск», на четвертом энергоблоке Калининской АЭС, что позволило сократить цикл сварки ГЦТ с 255 суток до 127. Обеспечен рост производительности труда, снижение затрат, сокращение сроков изготовления изделий. В 2010 г. с инструментами ПСР успешно реализованы 54 проекта, на 51 предприятии госкорпорации с совокупным экономическим эффектом около 3 млрд. руб., что более, чем в 30 раз превышает затраты на внедрение системы. Зафиксировано сокращение численности персонала к 2009 г. в два раза и уменьшение складских запасов в 30 раз за период 2008-2010 гг. [1].

На первом этапе внедрения ПСР основное внимание уделялось сокращению различного вида потерь. В ПСР выделяют семь классических видов потерь. Это: ненужные действия людей, лишняя транспортировка, потери на ожидание, избыточные запасы, лишние этапы обработки, брак или исправления, перепроизводство. Благодаря их сокращению, за счёт оптимальной организации рабочих мест, расстановки и компоновки оборудования достигается необходимый эффект [5].

С августа 2011 г. реализуется второй этап внедрения ПСР. Системное развертывание ПСР (декомпозиция целей предприятия до уровня начальника участка, оптимизация производства основных продуктов предприятия (производственные потоки), реализация ПСР-проектов, обучение, программы мотивации для разных уровней сотрудников) происходило на 10 предприятиях и позволило достичь существенной экономии, снизить себестоимость выпускаемой продукции, сократить товарные запасы на складах и сроки планово-предупредительных ремонтов [6]. В 2017 г. в контур системного развертывания ПСР входит 23 предприятия, на которые приходится 80% себестоимости госкорпорации. В 2016 г. ПСР-движение охватывало 18 предприятий, а это 64 оптимизированных производственных потока, около 2 тысяч ПСР-проектов и 45 тысяч предложений по улучшениям [1].

С учетом многопрофильности предприятий атомной отрасли, работы, как серийных предприятий, так и конструкторских бюро, НИИ, внедрение ПСР идет очень непросто. Однако и советский опыт НОТПиУ и опыт внедрения производственной системы

«Тойоты» показывает, что они реализовывались не только в серийных цехах, но даже на этапе НИОКР. Стоит отметить, что от этого эффективность производственных процессов только возрастала. Данный подход ставит технологичность процесса изготовления на первое место еще в момент формирования концепции нового продукта. Благодаря этому, время разработки новых моделей на «Тойоте» сокращено до 10-12 месяцев, против 40 у других автопроизводителей [1].

Именно это, остро необходимо сегодня предприятиям атомной отрасли для завоевания технологического лидерства в ядерных технологиях на мировых рынках, что требует сокращения сроков строительства энергоблоков АЭС до 40 месяцев. Внедрение ПСР позволяет на этапе проектирования закладывать в проект необходимые нам для повышения конкурентоспособности сжатые сроки строительства. Не менее важным является процесс снижения себестоимости, строящихся энергоблоков АЭС, особенно с учетом острой конкуренции на данном рынке с фирмами из Южной Кореи. Инструменты, используемые в ПСР, позволяют добиваться необходимого эффекта и в данном направлении.

ПСР позволяет добиваться существенного роста эффективности взаимодействия различных групп специалистов, таких, как ученых, разработчиков, конструкторов и технологов, производителей, как на стадии разработки, так и на стадии производства продукции. В производственной системе «Тойота» данный элемент получил название «Обея» и рассматривается как инструмент управления проектами, способствующий эффективной и быстрой коммуникации, и активно используемый на стадии разработки.

Активно используется в ПСР и метод «Вытягивание». С учетом того, что даже на этапе НИОКР различные конструкторские бюро разрабатывают различное оборудование: реакторы, парогенераторы, турбины, необходимо, чтобы результаты работы каждой группы появлялись в сроки, необходимые для следующей группы разработчиков и конструкторов. Таким образом, без эффективного взаимодействия между различными НИИ и КБ уже на стадии НИОКР невозможно добиться стратегических целей, заявленных ГК «Росатом».

Системное развертывание ПСР требует использования систем мотивации, как внутренней, так и внешней для того, чтобы сотрудники предприятий быстрее осваивали новую производственную систему. Опыт, полученный при внедрении производственной системы, показывает, что у работников предприятий, ознакомленных, обученных по ПСР появляется внутренняя мотивация внедрения инструментов данной системы в свою производственную деятельность. Вместе с тем, в дивизионе ТВЭЛ изменено положение о мотивации, действующее на предприятиях, для учета вклада каждого работника в развитие ПСР. «Положения о мотивации за ПСР» приняты на Балаковской АЭС, во ВНИИНМ и других предприятиях дивизиона. Учитывается советский опыт премирования за рационализаторские предложения и зачисления в кадровый резерв. Сотрудники, активно внедряющие элементы ПСР, будут рассматриваться в качестве кадрового резерва каждого конкретного предприятия и (или) премироваться за реальный вклад.

Таким образом, деятельность ГК «Росатом» в новых экономических условиях, острая конкуренция на международных рынках, существенная актуализация вопросов, связанных с обеспечением безопасности АЭС, потребовала разработки новых стратегических целей, задач, показателей, производственной системы, основанной на новых принципах и используемых инструментов.

В результате обобщения российского и мирового опыта, советской системы НОТПиУ, производства и управления, методик Минсредмаша и производственной системы «Тойота» была разработана и внедрена ПСР, представляющая методически целостный отраслевой комплекс взаимосвязанных производственных процессов, в которых действия, не создающие ценность, сведены к минимуму в результате последовательных улучшений при помощи принципов, правил, инструментов и методов.

Внедрение ПСР позволило охватить в 2017 г. 23 предприятия ГК «Росатом» на которые приходится 80% себестоимости госкорпорации. Необходимо, чтобы ПСР не стала «штурмовщиной», бюрократизированной системой, внедряемой по приказу сверху, а действительно дошла до каждого рабочего места и позволила реализовать амбициозные цели, стоящие сегодня перед атомной отраслью.

Список литературы

1. Обозов С.А. У Производственной системы Росатом отечественные корни. // Блок о производственном менеджменте LeanInfo. URL: <http://www.leaninfo.ru/2012/02/08/psr-origins> . (Дата обращения: 01.03.2018).
2. Официальный сайт производственная система «Росатом» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ps-gosatom.ru>. (Дата обращения: 01.03.2018).
3. Антипов С.И. Производственная система «Росатом». Опыт концерна РосЭнергоАтом. "РЭА", 2016. URL: www.ur-pro.ru/library/production_management/systems/rea-gosatom-arhipov.html. (Дата обращения: 01.03.2018).
4. Производственная система Росатома. Базовый курс. Академия Росатома. URL: economy.samregion.ru/upload/iblock/1f0/posobie-dlya-izucheniya_psr.bazovyy-kurs.pdf. (Дата обращения: 01.03.2018).
5. Причины и последствия 7 видов потерь на производстве. Практика применения // Блок о производственном менеджменте LeanInfo. URL: www.leaninfo.ru/2012/11/02/prichiny-i-posledstviya-7-vidov-poter. (Дата обращения: 01.03.2018).
6. Сайт «Российского атомного общества». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.atomic-energy.ru/PSR. (Дата обращения: 01.03.2018).

ННБ VI, Санкт-Петербург, 22 – 24 марта 2018

Сборник материалов
VI Научно- практическая конференция с международным участием
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
для студентов, аспирантов и молодых ученых
состоявшейся 22-24 марта 2018г.
в Санкт-Петербурге