

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

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



**Сборник материалов конференции
14 – 16 мая 2020**

Том II

Санкт-Петербург
2020

УДК 001.2

VIII НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Том II. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. 200 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
- Прикладная математика и программная инженерия
- Механотроника и робототехника
- Электропривод, автоматика и энергосбережение
- Приборостроение
- Биомедицинская инженерия
- Управление качеством и инноватика

Сборник материалов содержит доклады, представленные на VIII Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 14 – 16 мая 2020 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

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	9
Моделирование кольцевой фазированной антенной решетки в среде Matlab	9
<i>Г.С. ГРИБОВ</i>	
Моделирование отраженного сигнала подповерхностного радиолокатора	12
<i>ЗАСУХИНА Н.И., МИХАЙЛОВ В.Н.</i>	
Анализ работы схемы контроллера импульсного блока вторичного питания в целях создания диагностического стенда	15
<i>А.С. НУТРИХИН, М.В. КОВАЛЕВ</i>	
Программный модуль для исследования статистических характеристик электрокардиосигнала.....	18
<i>И.А. КОНДРАТЬЕВА, А.С. КРАСИЧКОВ, Ф.ШИКАМА</i>	
Алгоритм поиска цели в активном гидролокаторе	21
<i>К. Ю. МОРОЗОВА</i>	
Исследование влияния подстилающей поверхности на электрические характеристики ФАР	25
<i>Д.С. ПЕТРУШОВ, Г.А. КОСТИКОВ</i>	
Модель рассеянного винтами вертолета радиолокационного сигнала.....	29
<i>Е.С. ПЛОТНИЦКАЯ</i>	
Повышение качества первичной обработки радиолокационной информации для морской ледовой навигации	33
<i>С.Ю. РЯСКИНА</i>	
Разработка модели пассивной многопозиционной РЛС, основанной на применении взаимокорреляционного метода обработки сигналов	37
<i>И. С. СЕРДЮКОВ</i>	

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

Метод согласования мод для исследования цилиндрических штырей в
прямоугольном волноводе 41

Е.Ю. ЗАМЕШАЕВА, Т.Д. ЧАН

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ..... 46

Разработка системы мониторинга новорожденных в отделении интенсивной
терапии 46

Д.Т. АРИСТАНОВ

Разработка концепции автоматического титратора медицинского
назначения 49

М.С. БЕЛОВА, Д.С. ШЕВЧЕНКО

Разработка системы для определения стадии первичной открытоугольной
глаукомы 53

В.С. БЕЛОУСОВА

Автоматизированная система изучения особенностей восприятия
акустических сигналов..... 56

А.Е. ГАПАНЕНОК

Анализ датчиков регистрации данных подвижности плода 60

О.Н. КАПРАНОВА, Ю.О. БОБРОВА

Оценка согласованности измерений variability сердечного ритма по
данным электрокардиограммы и фотоплетизмограммы 64

К. А. КРАМАРЬ

Разработка мобильного приложения для мониторинга состояния пациента с
головными болями для смартфонов под управлением ОС Android 67

Г.О. МАРСАЛЬ

Плазменная обработка поверхностей корпуса микрофлюидного чипа 71

Е. А. СЕВРЮГИНА, В. К. МОЗГОВА

Основные проблемы в диагностике дыхания Чейна- Стокса 75

А. А. САФАРОВ

Разработка информационной системы первичного осмотра пациентов с
головными болями напряжения 78

В. СУКМАНОВСКАЯ

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

Разработка алгоритма управления источника сигналов при моделировании
фетальной активности 83

К.В. ФИЛИПЕНКО, Ю.О. БОБРОВА

Разработка прототипа электрокардиографа на сухих электродах 87

Д.А. ЕГОРОВ, О.А. МАЧУЛАН, Б.Э. АЛЕКСЕЕВ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ 91

Метрологическое обеспечение коммерческих узлов учета тепловой
энергии. 91

А.Э. БОДРУНОВА, Е.С. СУЛОЕВА

Сценарии применения дополненной реальности в обрабатывающей
промышленности 95

С.А. ЮДИН

Особенности пространственного распределения магнитного поля
промышленных частот в течение суток в районе трансформаторной
подстанции 98

А.В. ХРАМОВ, Е.А. КОЗЫРЕВА

Разработка радиоканального датчика потребления ресурсов 101

Д.В. ОГУРЕЦКИЙ

Ряд особенностей программы подготовки спортсменов – аэробистов при
включении методов и приборов с биологической обратной связью в
тренировочный процесс на примере учащихся СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 105

А.Д. ТРОШЕВА

Разработка перчатки для управления устройствами 107

К.А. АПАРИН, И.С. МАМАЕВ, И.С. ШАИМОВ, Е.С. СУЛОЕВА

**ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ /
МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА 111**

Система управления движением мобильного робота с использованием
компьютерного зрения 111

А.Ж. БАКЕНОВ

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

Конструкция беспилотного летательного аппарата с вертикальным взлетом Ducted Fan.....	115
<i>В.В. ВАРКЕНТИН, В.Б. ФЕДОРОВ</i>	
Алгоритм визуального детектирования замкнутых петель при построении трехмерной карты мобильным роботом.....	119
<i>К. Д. ЖАРКОВ</i>	
Робастное управление по выходу роботизированным надводным плавательным аппаратом с немоделируемой динамикой в условиях неопределенностей и внешних воздействий	123
<i>Ф.Б. КАРАШАЕВА, О.И. БОРИСОВ, А.А. ПЫРКИН, С.В. ШАВЕТОВ</i>	
Регулятор мощности на MOSFET транзисторах для управления процессом заряда конденсаторов	127
<i>А.С. МЕЛЬНИКОВ, В.Е. ПАРМЕНОВ</i>	
определение точных значений неизвестных параметров фотоэлектрических панелей с помощью моделирования.....	131
<i>НОЭЛЬ НТАВУХОРАКОМЕЙЕ, КУАНГ ХОНГ ЛЕ</i>	
Роботизированная система прокладки кабелей.....	135
<i>М.В. СОБОЛЕВ, Д.Е. МОЖАЕВ</i>	
Алгоритмы управления преобразователем частоты в интеллектуальной системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель.....	138
<i>А.М. ДЕРЕВЯНКО, В.В. КОРОЛЕВ</i>	
Моделирование системы автоматического управления поезда метро	141
<i>В.В. КОРОЛЕВ., Р.А. ЧЕНИН, А.М. ДЕРЕВЯНКО</i>	
Разработка стартер-генераторной электрической машины для газотурбинного двигателя летательного аппарата	145
<i>В. В. КОРОЛЕВ, Е. В. ЛИСКОВСКАЯ, А.М. ДЕРЕВЯНКО</i>	
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ИННОВАТИКА.....	147
Что такое интегрированная система менеджмента?	147
<i>А.А. ШИРОКОВА</i>	

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

Метрики оценки качества event-мероприятий на основе потребительской лояльности и эмоций потребителей	150
<i>К.Е. ХОРЕВ, В.П. СЕМЕНОВ</i>	
Проблема чувствительности контрольных карт Шухарта при низкой вариабельности производственного процесса.....	154
<i>Д.В. ФЕДОРОВ, А.А. БЕЗРУКОВ</i>	
Методы анализа и оценки рисков на предприятиях приборостроения	157
<i>Я.А. СУЛИМОВА</i>	
Реализации концепции устойчивого развития организации через внедрение международных стандартов	160
<i>В.Н. САВКО</i>	
Процесс разработки практикоориентированной образовательной программы.....	163
<i>М.Г. ПОДЛЕВСКИХ</i>	
Методика структурирования затрат на качество в организациях телекоммуникационной отрасли.....	166
<i>М.В. МЕДВЕДЕВА</i>	
Внедрение системы управления рисками в лаборатории.....	170
<i>А.О. КУЛАКОВА</i>	
Основные показатели качества услуг для предприятий общественного питания	172
<i>Д.А. КОКИНА</i>	
Интегрированная логистическая поддержка	176
<i>С.Д. КОЗЛОВА, А.Б. ЖЕРНАКОВ</i>	
Анализ бизнес-процесса продвижения образовательных программ в СПБГЭТУ «ЛЭТИ»	179
<i>А. ГРИГОРЬЕВА</i>	
Сравнение RPA предложений на российском рынке	181
<i>И.И. ВОЛКОВ, М.А. КОСУХИНА</i>	
Модели оценки качества тестов в современной теории тестирования.....	184
<i>Т.Д. БУТИНА</i>	

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

Рекомендации по формированию стратегии устойчивого развития туризма Республики Дагестан	186
--	-----

Р.Р. БУТАЕВ

Основные стандарты для формирования системы менеджмента качества на предприятиях пищевой промышленности.....	190
---	-----

А.С. БЕЛЯКОВ

Многообразие моделей университета	194
---	-----

М.О. АГЕЕВА

Препятствия интеграции бережливого производства и системы менеджмента качества.....	197
--	-----

Е.Д. ОРЛОВА

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ В СРЕДЕ MATLAB

Г.С. ГРИБОВ

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

Аннотация. Создание программного модуля в среде программирования MATLAB для моделирования кольцевой фазированной антенной решетки. Сравнение диаграмм направленности для разного количества элементов антенной решетки на частоте 300 МГц. Моделирование кольцевой фазированной решетки для УКВ диапазона.

Ключевые слова: диаграмма направленности, кольцевая фазированная антенная решетка, УКВ диапазон

Кольцевые фазированные антенные решетки (КФАР) широко используются в радиосвязи, радиолокации и радионавигации. В фазированных антенных решетках (ФАР) реализуется возможность электронного управления положением главного лепестка (ГЛ) диаграммы направленности (ДН) при неизменном механическом положении всей системы. Благодаря этому эффективное излучение ФАР усиливается в нужном направлении и подавляется в остальных [1]. Особенность КФАР заключается в полном перекрытии всех азимутальных углов и возможности работы в широком диапазоне частот, в частности, в коротковолновом (КВ) и ультракоротковолновом (УКВ) [2].

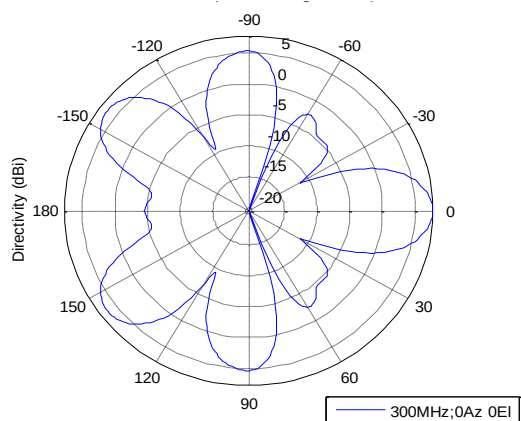


Рис.1. ДН в азимутальной плоскости при количестве элементов ФАР=9.

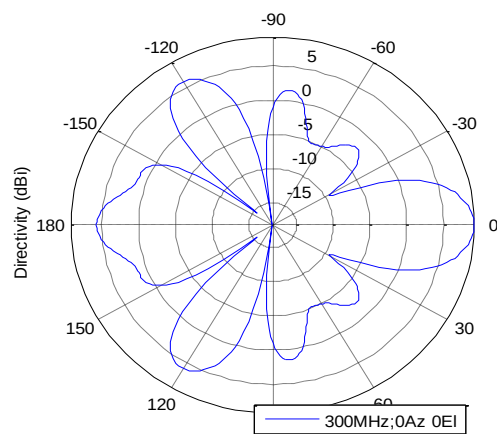


Рис.2. ДН в азимутальной плоскости при количестве элементов ФАР=11.

С помощью среды программирования MATLAB был разработан программный модуль, позволяющий исследовать диаграммы направленности в азимутальной и угломестной плоскостях. КФАР состоит из N антенных элементов. В радиолокационных системах могут использоваться антенны с различными излучающими свойствами, поэтому в качестве антенного элемента КФАР выбирается антенна с косинусной характеристикой. Пользователь имеет возможность выбрать число элементов антенны, задать радиус КФАР и установить рабочую частоту антенной решетки. С помощью

программного модуля пользователь может произвести сравнение ДН при разных входных переменных.

На рисунке 1-4 представлены ДН при разном количестве антенных элементов в азимутальной плоскости, длина волны которых составляет 1 метр. В таблице 1 указаны межэлементное расстояние и направленность мощности излучения главного лепестка диаграммы направленности в зависимости от количества элементов антенной решетки.

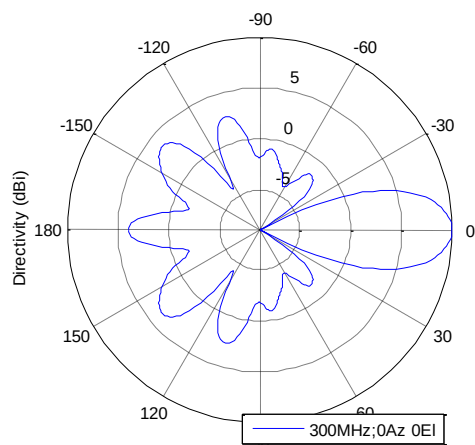


Рис.3. ДН в азимутальной плоскости при количестве элементов ФАР=13.

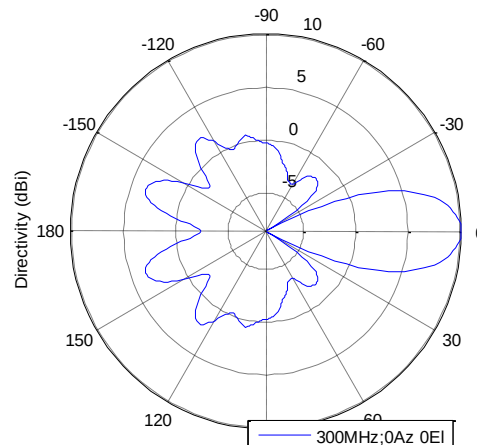


Рис.4. ДН в азимутальной плоскости при количестве элементов ФАР=15.

Как видно на рисунках 1 и 2 ДН имеет высокий уровень задних лепестков, в отличие от ФАР с 13 и 15 элементами антенной решетки (рис.3-4), где главный лепесток ДН хорошо выражен. Это связано с тем, что при увеличении числа элементов АР, уменьшается расстояние между элементами и выполняется условие $d < \lambda/2$, при котором наблюдается только один главный лепесток [3].

Таблица 1

Количество элементов ФАР	9	11	13	15
Межэлементное расстояние, м	0,698	0,571	0,483	0,419
Мощность излучения ГЛ, dBi	7,74	9,17	9,90	10,10

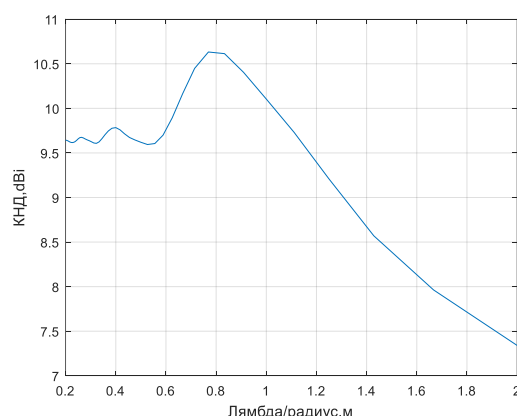


Рис.5. Зависимость КНД 15-ти элементной КФАР от изменения радиуса при рабочей частоте 300 МГц.

Как отмечалось ранее, одним из преимуществ кольцевой фазированной антенной решетки является работа в КВ и УКВ диапазонах. Рассмотрим зависимость КНД 15-ти эле-

ментной КФАР от изменения радиуса при рабочей частоте 300 МГц. Данная зависимость представлена на рис.5.

Из рисунка 5 следует, что наибольшее усиление КФАР на частоте 300 МГц будет достигнуто при радиусе антенной решетки 1,3 метра. На Рисунках 6-9 изображены диаграммы направленности 15-ти элементной КФАР радиусом 1,3 метра на частоте 300 МГц при разном угле сканирования.

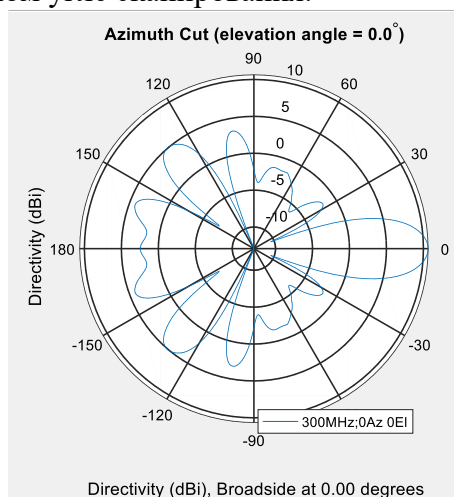


Рис.6. ДН в азимутальной плоскости при угле сканирования 0 градусов.

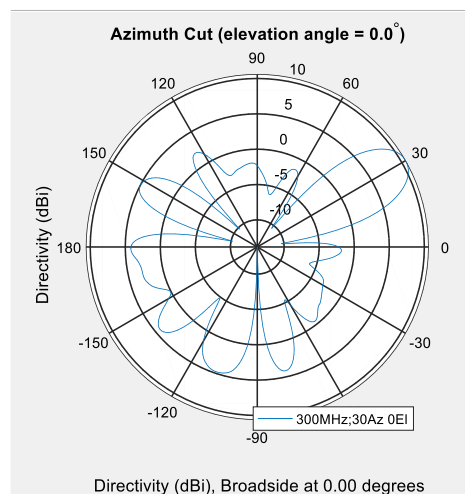


Рис.7. ДН в азимутальной плоскости при угле сканирования 30 градусов.

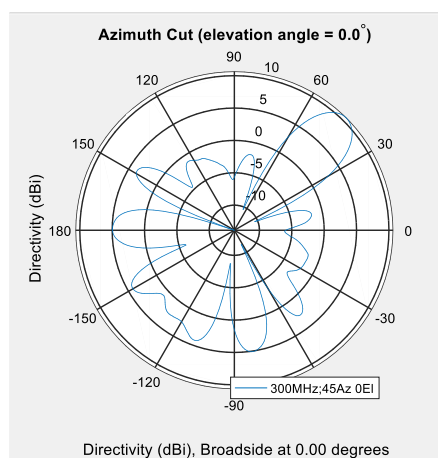


Рис.8. ДН в азимутальной плоскости при угле сканирования 45 градусов.

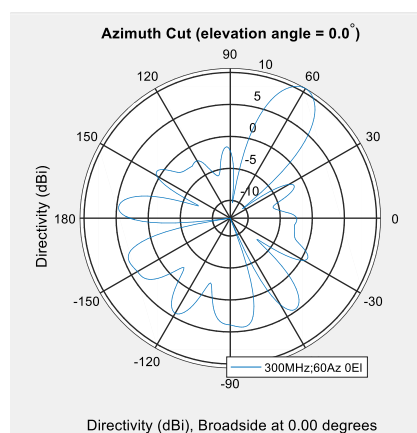


Рис.9. ДН в азимутальной плоскости при угле сканирования 60 градусов.

Полученные на рисунках 6-9 диаграммы направленности свидетельствуют о том, что кольцевая фазированная антенная решетка с такими параметрами может работать в УКВ диапазоне.

Список литературы

1. В. С. Алексеев, С. В. Балландович, С. В. Грачев, Г. А. Костиков, К. П. Наумов, И. Н. Семенихин, М. И. Сугак Антенны и распространение радиоволн: Лабораторный практикум. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 88 с.;
2. Кольцевая фазированная антенная решетка [Электронный ресурс] URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2159488> (Дата обращения 15.04.2020);
3. Пудовкин, А.П. Основы теории антенн: учебное пособие / А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк, А.А. Иванков. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 92 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕННОГО СИГНАЛА ПОДПОВЕРХНОСТНОГО РАДИОЛОКАТОРА

ЗАСУХИНА Н.И., МИХАЙЛОВ В.Н.

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

Аннотация. В статье изложен материал, необходимый для создания упрощенной модели, по сравнению с электродинамическим моделированием, отраженного сигнала подповерхностного радиолокатора. В качестве программной среды используется MatLab. Приведены результаты моделирования и даны рекомендации для дальнейшей обработки принятого сигнала геолокатора на основе данных из научной литературы.

Ключевые слова: подповерхностная радиолокация, отраженный сигнал георадара.

Введение

Проектирование локатора подповерхностного зондирования включает в себя внедрение модуля, отвечающего за обработку принятого сигнала. Выбор того или иного способа обработки зависит от многих факторов. Например, от исследуемого объекта (протяженный, локальный), от среды распространения и от исходного зондирующего импульса. Все это влияет на вид принимаемого сигнала. Существование модели этого сигнала позволяет организовать блок обработки до проведения натурных исследований.

Основные положения для создания модели

При моделировании были сделаны следующие допущения: в пределах одного слоя диэлектрическая проницаемость постоянна, а отражения происходят только от границ слоев, диаграмма направленности антенны (ДНА) идеальная, не учитываются отражения от границы воздух-поверхность (с целью улучшения визуализации результатов моделирования).

Принимаемый сигнал согласно [1] можно представить как результат прохождения исходного сигнала (S_0) через фильтр в виде исследуемой среды. При работе во временной области получим свертку импульсной характеристики (ИХ) среды (H) и исходного сигнала: $S(n) = \sum_k S_0(k)H(n-k)$.

Импульсная характеристика диэлектрической среды

Для создания ИХ среды требуется прежде создать модель этой среды. Она представляет собой двумерный массив, состоящий из значений диэлектрических проницаемостей, расположенных согласно нормированным к шагу по глубине положениям слоев, из которых состоит среда распространения. В статье представлена модель поперечного разреза русла подземной реки (рис.1), состоящая из слоев: сухой песок, водонасыщенный песок и глинистый грунт со значениями действительных частей диэлектрических проницаемостей $\varepsilon = 5, 23$ и 10 соответственно. Значения диэлектрических проницаемостей были взяты из [2].

Далее для этой среды были рассчитаны значения коэффициентов отражения по следующей формуле [1,3]:

$$K_{rfl} = (\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}) / (\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}).$$

При отражении от более заглубленного слоя сигнал пройдет через границу 2 раза. В этом случае суммарное уменьшение уровня сигнала будет равно $1 - K^2_{rfl}$ [1].

ИХ среды распространения может быть представлена как произведение матриц коэффициентов отражения и затухания (K_{att}) [4].

$$H = K_{rfl} * K_{att},$$

$$K_{att} = \exp(-\tilde{A}2h)/2h,$$

где $\tilde{A}$ - удельное затухание в дБ/м; h - глубина до границы в метрах.

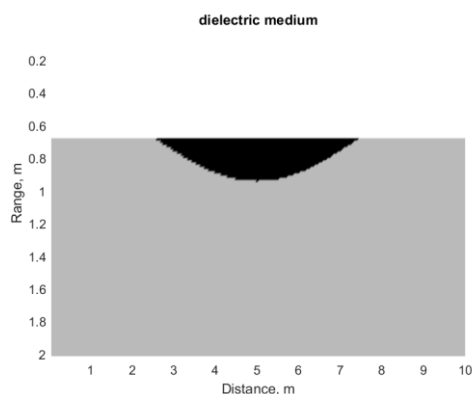


Рис. 1. Моделируемая среда

Далее происходит суммирование отраженных сигналов на каждой глубине $S_{x,t} = \sum_{\varphi} S_{x,h}$ (Рис.2).

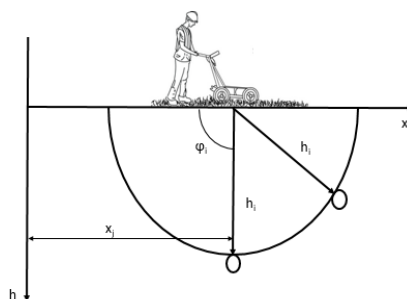


Рис. 2. Поясняющая иллюстрация к процессу суммирования отраженных сигналов

Зондирующий сигнал

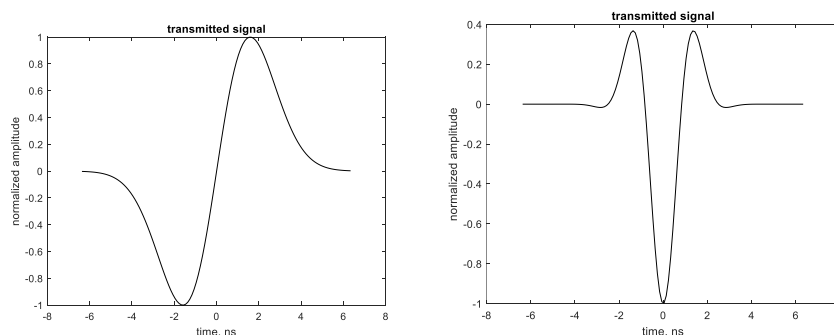


Рис. 3. Зондирующие сигналы (слева - моноцикл Гаусса, справа- короткий радиоимпульс)

В качестве зондируемого сигнала были использованы моноцикл Гаусса и короткий радиоимпульс с центральной частотой 100 МГц (Рис. 3).

Отраженный сигнал

Рис.4 отображает результаты работы программы при использовании разных исходных зондирующих импульсов.

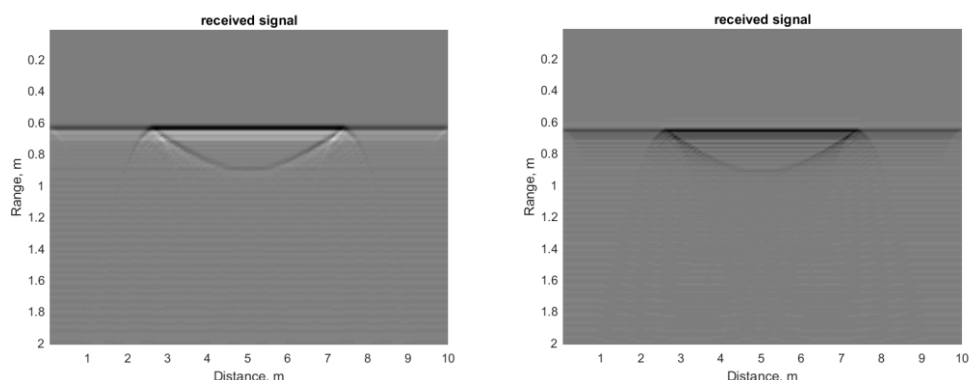


Рис. 4. Отраженные сигналы геолокатора (слева-при исходном сигнале в виде моноцикла Гаусса, справа-при коротком радиоимпульсе)

Из рис.4 видно, что отраженные сигналы имеют различную структуру, что скажется на результатах последующей обработки.

Предложения по обработке принятого сигнала

Из-за дифракции принятый от объекта сигнал имеет форму гиперболы с интенсивностью, убывающей по мере удаления от ее вершины [5]. Если объект один, и он расположен в однородной среде, то визуальный анализ его положения не является сложной задачей. Но если объектов несколько, то для различения объектов можно использовать операцию, обратную дифракции – миграцию. Проанализировав результаты статьи [6], можно сказать, что среди самых распространенных методов миграции, а именно метода Столта, метода интеграла Кирхгофа, метода фазового сдвига и дифракционного суммирования по гиперболе, наиболее удачным является первый из перечисленных.

Заключение

Была реализована модель принимаемого сигнала геолокатора, которая не требует больших вычислительных и временных ресурсов. Результаты были получены примерно за 10 секунд. Это достигается за счет принятых допущений, но тем не менее дает адекватное описание происходящих при распространении процессов. Предложенная модель может быть использована для предварительного подбора нужных параметров геолокатора.

Список литературы

1. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию: учеб. пособие. М.: Издательство МГУ, 2004. 153 с.
2. Изюмов С.В., Дручинин С.В., Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации: учеб. пособие. М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. 196 с.
3. Возможности георадиолокации для исследования заболоченных торфяников в криолитозоне / Судакова М. С., Садуртдинов М. Р., Царев А. М. и др. // Геология и геофизика. 2019, вып. 7. С. 1004–1013.
4. A ground penetrating radar signal simulation / Михайлов В.Н., Засухина Н.И., Туленков Н.И. и др. // IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 2020.1408–1411с.
5. Daniels D. "Ground Penetrating Radar" 2nd Edition. Geoarchaeology. London: The Institution of Electrical Engineers, 2004. 752 с.
6. Зеленков А.В., Зеленков С.А. Выбор метода миграции для обработки сигналов подповерхностной радиолокации // Elektron. ir elektrotech. 2004, вып. 3. С. 41–46.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СХЕМЫ КОНТРОЛЛЕРА ИМПУЛЬСНОГО БЛОКА ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕ- СКОГО СТЕНДА

А.С. НУТРИХИН, М.В.КОВАЛЕВ

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

Аннотация. Данная работа содержит сведения об анализе выходных параметров контроллера импульсного блока вторичного питания. В данной статье описывается принцип работы устройства и его особенности. В результате проведенного анализа сделан вывод об подлежащих контролю параметрах изделия.

Ключевые слова: анализ схемы, контроллер, диагностический стенд.

При производстве, для получения высокой надежности любого серийного изделия, требуется контроль его фактических характеристик, который осуществляется с помощью диагностического стенда. Для разработки стенда необходимо понимание порядка его действий при испытании выпускаемого изделия, для чего необходим анализ принципа работы выпускаемого изделия, зависимости его выходных параметров от входных, особенностей и недостатков, которые способствуют проверочному стенду выполнить полноценное испытание выпускаемого изделия.

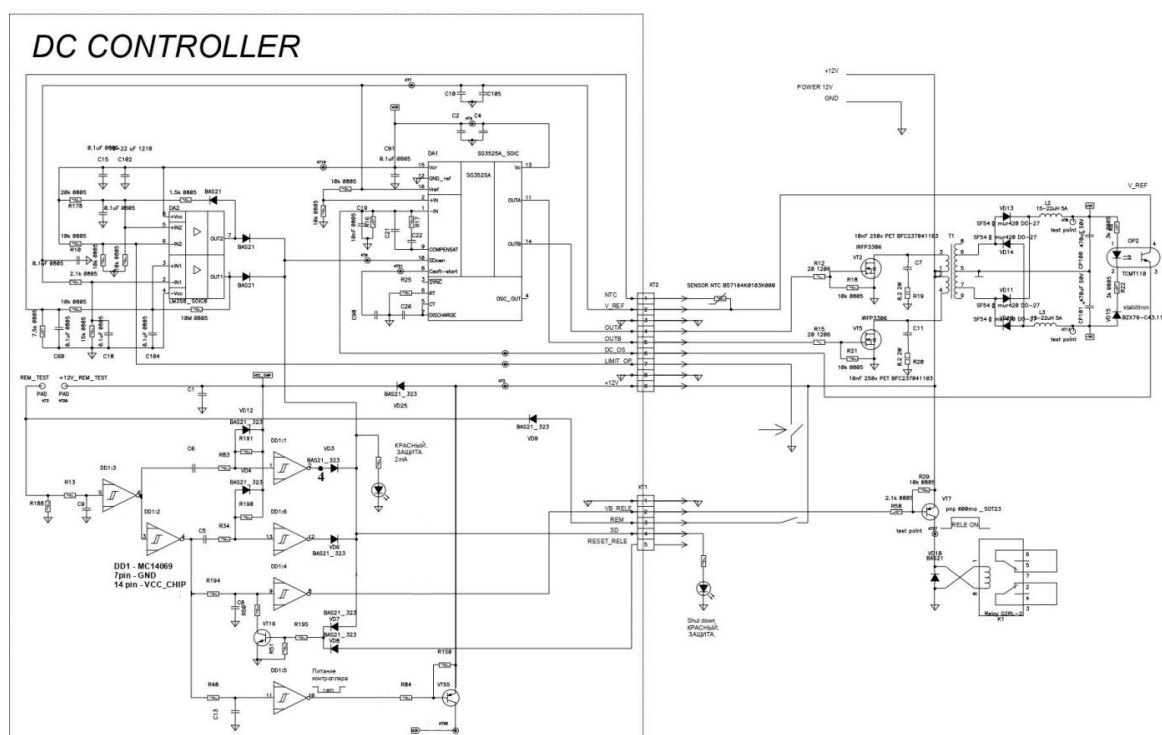


Рис. 1. Электрическая схема контроллера импульсного блока вторичного питания

Следует выделить основные задачи анализа контроллера импульсного блока вторичного питания:

- 1) Понимание принципа работы микросхемы контроллера SG3525;
- 2) Выявление зависимости выходных параметров от входных;

3) Выявление важных особенностей контроллера.

Для наиболее полного понимания механизма работы устройства необходимо изучение его функций и способа реализации. Для этого необходимо рассмотреть работу устройства в виде структурной схемы:

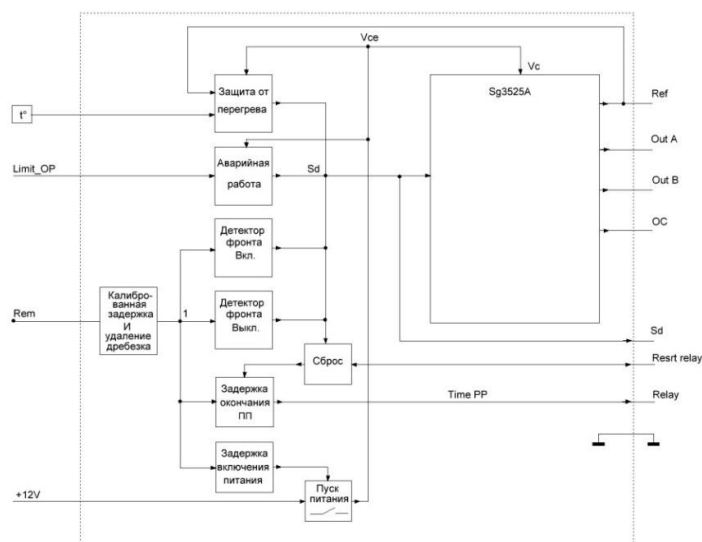


Рис. 2. Структурная схема контроллера импульсного блока вторичного питания

Структурная схема позволяет значительно упростить проведение анализа сигналов, определение значения важных узлов контроллера в электрической схеме, а также объединение и структурирование полученных данных.

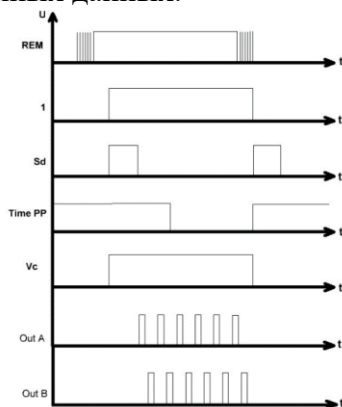


Рис. 3. Диаграмма сигналов в контрольных точках

Построив диаграммы сигналов на основе анализа структурной схемы устройства, появилась возможность наглядно увидеть очередность включения всех элементов схемы контроллера.

При подаче сигнала Rem поочередно выполняется:

- 1) Устранение дребезга, тест режима блокировки микросхемы SG3525;
- 2) Контролируемая подача питания на микросхемы SG3525;
- 3) Включение целевой нагрузки после окончания переходного процесса всего устройства.

В схеме присутствует возможность мгновенной остановки работы микросхемы SG3525, с помощью сигнала SD (Shutdown). Сигнал SD формируется при появлении и снятии сигнала Rem, перегреве и аварии. В отсутствие сигнала SD, микросхема SG3525 работает в штатном режиме, выдавая сигналы управления транзисторам блока питания на выводы Out A и Out B.

Следует уделить внимание контактам выпускаемого изделия в связи с дальнейшей разработкой диагностического стенда. Возможны два варианта технической реализации проверочного стенда. Первая реализация представляет из себя устройство с тестовым игловым полем, на которое помещается выпускаемое изделие, соприкасаясь с иглами диагностического стенда в контрольных точках. Такой способ удобен для эксплуатации, однако во много раз превышает по стоимости второй способ реализации диагностического стенда. А именно использование контактов выпускаемого изделия. Подавая определенные сигналы на входы выпускаемого изделия и считывая показания с его выходов, можно сделать заключение не только об исправности выпускаемого изделия, но и в случае неработоспособности выявить дефектный узел.

В данном выпускаемом изделии 14 выводов, из них 6 входов, 5 выходов и 3 питающих. Для дальнейшей разработки диагностического стенда необходимо понимать назначение каждого вывода выпускаемого изделия.

Рабочий диапазон напряжения питания выпускаемого изделия варьируется от 8.5 до 18 В, а значит устройство должно сохранять свою работоспособность в этом диапазоне напряжения питания.

Микросхема SG3525 имеет источник опорного напряжения 5В, подключенного ко второму выводу контакта XT2. К первому и второму входу подключен внешний датчик температуры NTC, используемый в узле защиты от перегрева. Выходы Out A и Out B это два противофазных модулируемых сигнала, которые подключаются к управляющим транзисторам блока питания. При замыкании контакта Limit_Or на землю формируется сигнал остановки микросхемы SG3525. Проконтролировать этот процесс можно путем проверки диагностическим стендом вывод Sd и отсутствием ШИМ сигнала на выходе ядра. При возникновении сигнала Sd важно, чтобы внешняя нагрузка отключалась максимально быстро, а при его окончании включалась с задержкой. Это продемонстрировано на диаграмме сигналов (Time PP). Также присутствует возможность отключение нагрузки внешним сигналом через контакт Reset_relay.

В результате проведенного анализа следует: контролю подлежат модулируемые сигналы; опорное напряжение, коммутируемое в ядре контроллера; включение и выключение внешней нагрузки; а также штатные и нештатные режимы работы контроллера.

Проведенная работа значительно упрощает возможность создания диагностического стенда для контроллера импульсного блока вторичного питания.

Список литературы

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах, 1988. 304с.
2. Семенов Б.Ю. Силовая электроника от простого к сложному, 2005. 416с.
3. Авторское свидетельство: RU 2 606 806 C2 Автор: Квасков Г. А. Публикация: 2017.01.10 Дата подачи: 2015.05.28 Способ диагностирования вторичного источника питания и устройство для его осуществления.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

И.А. КОНДРАТЬЕВА, А.С. КРАСИЧКОВ, Ф.ШИКАМА,
*Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В работе представлен программный модуль, реализованный в среде MATLAB и позволяющий осуществлять предварительную обработку электрокардиосигнала, а также кластеризацию кардиокомплексов. Наличие небольшого количества эталонных кардиокомплексов является фундаментом для проведения исследований, направленных на оценку взаимосвязей между кардиосигналами различных пациентов.

Ключевые слова: электрокардиосигнал, кластеризация кардиокомплексов, обработка биологических сигналов, цифровая фильтрация.

Введение

По данным ВОЗ сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смертности во всем мире. Одним из самых распространенных и эффективных методов диагностики ССЗ является регистрация и последующий анализ электрокардиосигнала (ЭКС). В качестве информационной поддержки врача-кардиолога используются специальные программы автоматизированного анализа электрокардиосигнала, которые позволяют значительно сократить время необходимое на расшифровку записи ЭКС, что особенно актуально для задачи длительного мониторингирования. Однако в процессе кардиомониторирования возникают помехи различного физического происхождения, артефакты, которые значительно затрудняют анализ ЭКС. Качество работы алгоритмов автоматизированного анализа электрокардиосигнала можно значительно повысить за счет использования априорной информации о структуре и параметрах (включая статистические характеристики) электрокардиосигнала индивидуума.

Решение поставленной задачи

Для исследования статистических характеристик электрокардиосигнала с помощью среды MATLAB был разработан программный модуль (ПМ), диалоговое окно которого представлено на рисунке 1. В программном модуле реализованы алгоритмы предварительной цифровой фильтрации ЭКС, а также кластеризации (сортировки) кардиокомплексов.

На первом этапе предварительной обработки электрокардиосигнала осуществляется уменьшение дисперсии миографической помехи, за счет полиномиальной аппроксимации небольших фрагментов ЭКС в скользящем окне [1]. Затем устраняется дрейф изоэлектрической линии – низкочастотной помехи, обусловленной, например, движением грудной клетки. Дрейф изолинии оказывает значительное влияние при исследовании низкочастотных участков электрокардиосигнала [2]. Устранение дрейфа изоэлектрической линии в программном комплексе осуществляется с помощью медианного фильтра [3]. Результат работы алгоритма устранения дрейфа представлен на рисунке 1 (кривые синего цвета).

На следующем этапе осуществляется кластеризация (сортировка) кардиокомплексов (КК). Алгоритм сортировки кардиокомплексов можно разделить на несколько последовательно выполняемых шагов.

Вначале с помощью алгоритма Пана-Томпкинсона обнаруживаются QRS комплексы (отмечены красными кружками в третьей колонке графиков на рисунке 1). Программная реализация алгоритма Пана-Томпкинсона фактически представляет собой последовательное применение различных цифровых фильтров и методов обработки сигналов: полосовой фильтрации, дифференцирования, операции возведения в квадрат, интегрирования и адаптивной пороговой процедуры [2].

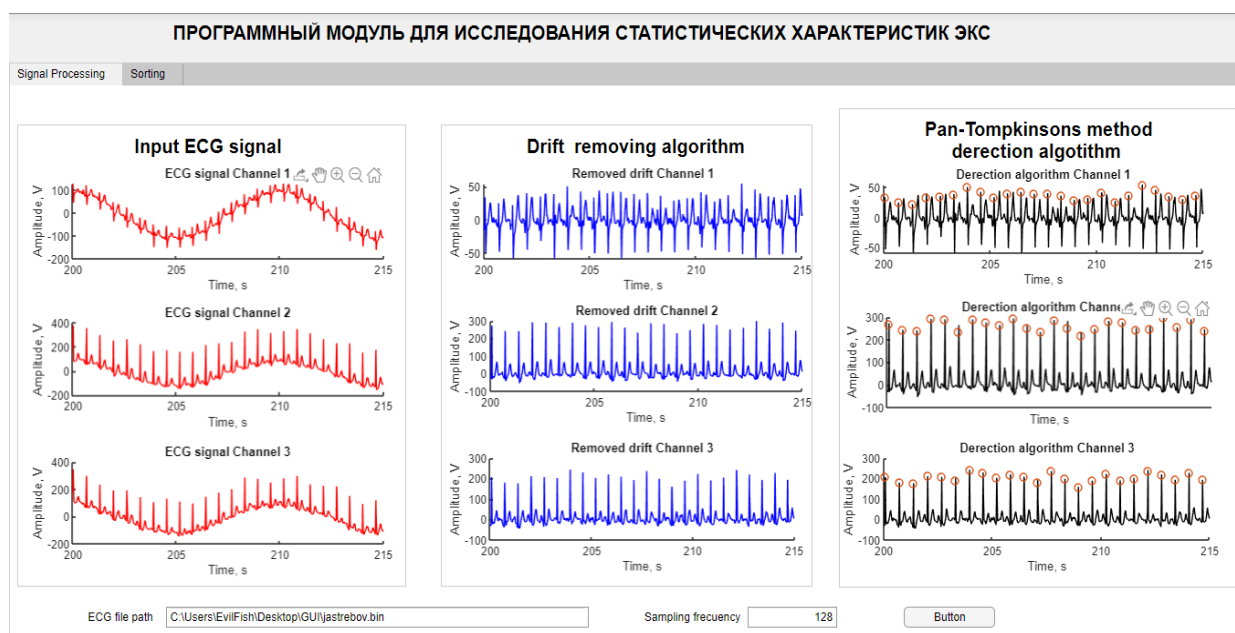


Рисунок 1. Диалоговое окно программного модуля

Таким образом, результирующий сигнал содержит информацию о положении R-зубца, что позволяет в конечном итоге определить длительность RR-интервалов и рассчитать частоту сердечных сокращений (ЧСС).

На следующем шаге алгоритма производится сортировка кардиокомплексов по величине частоты сердечных сокращений. Для этой цели осуществляется отбор кардиокомплексов, для которых величина ЧСС принадлежит заданному диапазону с граничными интервалами кратными 10 уд/мин (например, [60; 70], [70; 80] и т.д.). Это позволяет считать, что с учетом физиологии работы сердца кардиокомплексы, снятые в разное время с одного и того же пациента при отсутствии функциональных нарушений за анализируемое время с одинаковой или близкой длительностью интервала RR будут иметь сопоставимые характеристики всех зубцов и интервалов [1].

Кардиокомплекс имеющей наибольшее количество близких с ним по форме кардиокомплексов считается эталонным (степень близости оценивается с помощью выборочного коэффициента корреляции).

Затем вычисляется коэффициент взаимной корреляции $r_{Э1}$ эталонного и первого из отобранных по ЧСС кардиокомплексов. Если $r_{Э1} \geq r_{\text{пор}}$, эти кардиокомплексы усредняются. Затем вычисляется коэффициент корреляции результата усреднения и следующего отобранного кардиокомплекса. При превышении порога выполняется усреднение предыдущего результата и текущего кардиокомплекса.

На рисунке 2 приведено диалоговое окно «Group of etalon signal for choosen Heart rates range» модуля на котором отображаются результаты сортировки кардиокомплексов – представлены усредненные кардиокомплексы, а также количество кардиокомплексов, попавших в данную группу.

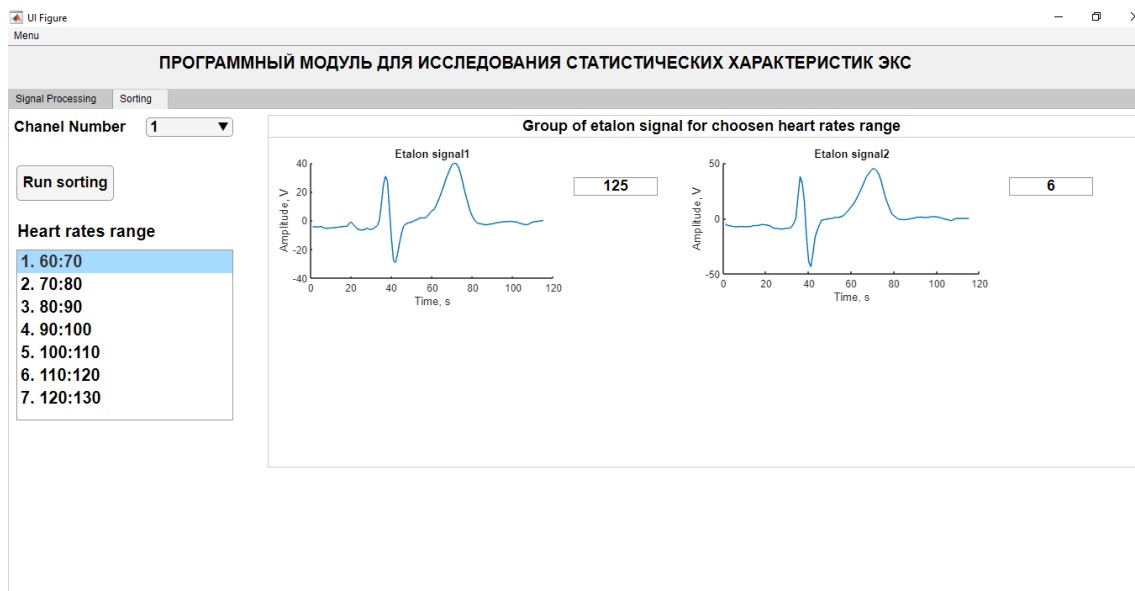


Рисунок 2. Интерфейс программного модуля

Заключение

Таким образом, в работе представлен программный модуль, реализованный в среде MATLAB и позволяющий осуществлять предварительную обработку электрокардиосигнала (уменьшение дисперсии миографической помехи, коррекцию дрейфа изоэлектрической линии), а также кластеризацию (сортировку по степени близости) кардиокомплексов. Наличие небольшого количества эталонных кардиокомплексов является фундаментом для дальнейшего исследования как абсолютных значений амплитудных параметров кардиокомплексов индивидуальной мониторограммы пациента, так и динамических изменений формы и иных параметров кардиокомплексов при изменении значений ЧСС. Кроме того, становится возможным проводить исследования, направленные на оценку взаимосвязей между кардиосигналами различных пациентов.

Список литературы

- 1 Красичков А.С. Методы обработки электрокардиосигнала в условиях сложной сигнально-помеховой обработки. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 179с.
2. . Rangayan R. M. Biomedical signal analysis. University of Calgary, Canada IEEE Press, Wiley-Interscienc 2002. 439 p.
3. Manpreet Kaur, Birmohan Singh, Seema. Comparisons of different approaches for removal of baseline from ECG signal/ 2nd International Conference and workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET) 2011, Proceedings published by International Journal of Computer Applications (IJCA)
4. Tompkins W.J. Biomedical Digital Signal Processing – Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995

АЛГОРИТМ ПОИСКА ЦЕЛИ В АКТИВНОМ ГИДРОЛОКАТОРЕ

К. Ю. МОРОЗОВА

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

Аннотация. В данной работе приведен анализ алгоритма оптимального обнаружителя акустического сигнала по критерию Неймана-Пирсона. Основной задачей работы является чтение принятых данных с последующим решением задачи поиска сигнала. Реализация обнаружителя проводится в программной среде MATLAB. Алгоритм, созданный в ходе работы, дает возможность обнаружить сигнал, отраженный от цели, и сделать вывод о наличии или отсутствии цели в месте проведения эксперимента.

Ключевые слова: гидролокация, поиск сигнала, оптимальный алгоритм, MATLAB.

История человечества во многом связана с Мировым Океаном: мореплавание, освоение минеральных и энергетических ресурсов и др. Развитие гидролокации и гидроакустики позволит не только облегчить работу людям, занимающимся сферами деятельности, связанными с водой, но и, привлекая оборонную промышленность, обеспечить безопасность страны. Приведенный в данном докладе эксперимент вполне может служить, например, для дальнейшей калибровки гидролокатора или для разработки профилографа.

В рассматриваемой работе происходит обнаружение цели с помощью эхолотатора: система намеренно излучает звуковой сигнал, а затем принимает эхо-сигналы, отраженные от объекта, после чего обрабатывает полученные данные в зависимости от алгоритма. Основной задачей данного эксперимента являлось фиксирование отраженного от сферической цели сигнала. Испытания проводились в бассейне с водой, для имитации цели был использован подшипник диаметром 13 мм. Он был помещен в сетку и опущен на проводе в воду бассейна.

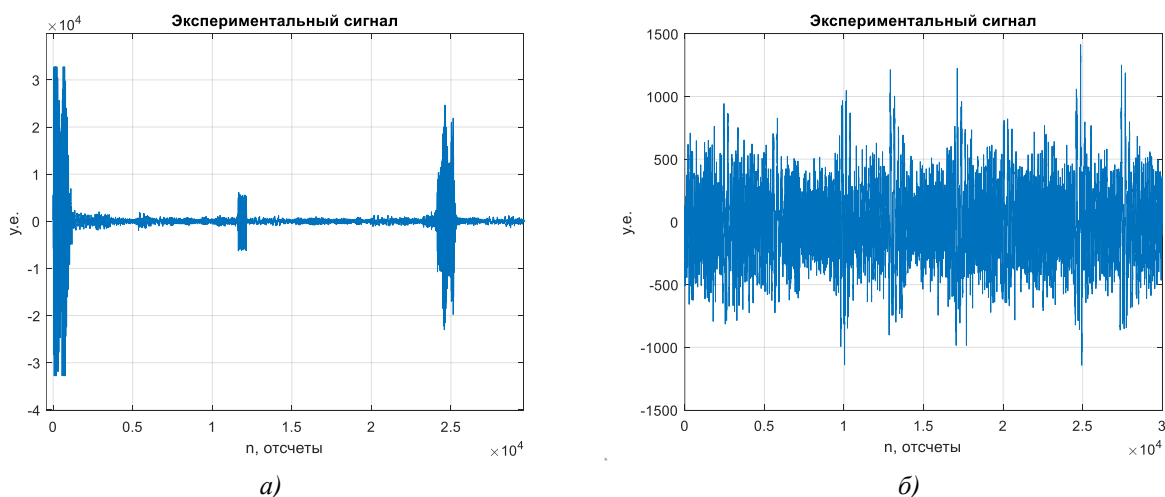


Рис. 1. Реализации принятого сигнала: а) $S/N=40$, б) $S/N=7,7$

Кроме того, соосно на одном основании были закреплены две антенны: излучающая и приемная. Стоит отметить, что одним из главных требований к излучающей антенне являлось наличие узкой диаграммы направленности, что позволяет игнорировать многократные переотражения сигнала от боковых стен бассейна. Данные с приемной антенны попадали на устройство регистрации, сбора и индикации данных с платой АЦП, где и были оцифрованы.

Полученные оцифрованные данные проходят первичную обработку с помощью функциональных возможностей среды MATLAB. В результате, можно увидеть две возможные реализации принятого сигнала (рис. 1). Одна из реализаций, для которой отношение $C/Ш=40$, представляет собой три различных импульса: наводка от излучающего тракта; сигнал, отраженный от цели и сигнал, отраженный от стены бассейна. Вторая реализация более зашумленная: уровень полезного сигнала настолько мал, что зрительно из-за шумов его невозможно различить.

Важно заметить, что, исходя из неполноты имеющихся априорных данных, классическую задачу обнаружения в случае поиска сигнала в данных эхолотатора решить нельзя, так как неизвестными параметрами являются время прихода и начальная фаза искомого сигнала. Поэтому задача обнаружения сводится к задаче поиска.

Поскольку как в радио-, так и в гидролокации модель сигнала при осуществлении поиска представима в виде последовательности импульсов с неизвестной начальной фазой, то структура обнаружителя будет иметь вид, представленный на рисунке 2 [1]:

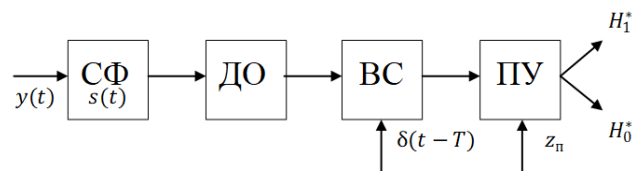


Рис. 2. Структура обнаружителя

Входные данные поступают на согласованный фильтр (СФ), который моделируется с учетом того, что импульсная характеристика СФ соответствует отзеркаленному опорному сигналу, сдвинутому на его длительность, т.е. $h(t) = s(T - t)$, где T – длительность сигнала [2]. Опорный сигнал в данном случае моделируется, исходя из известных несущей частоты и длительности. Результат работы согласованного фильтра (для двух реализаций входного сигнала) приведен на рисунке 3:

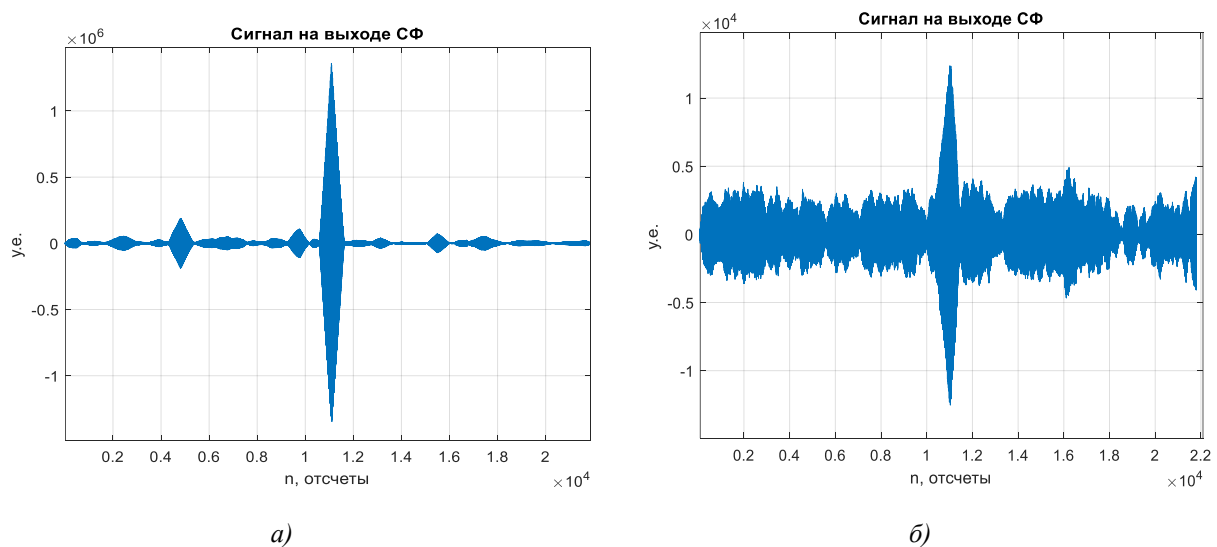


Рис. 3. Результат работы согласованного фильтра: а) $C/Ш=40$, б) $C/Ш=7,7$

Чтобы реализовать блок детектора огибающей (ДО), необходимо вспомнить, что по определению огибающая – это реакция гильбертова фильтра на процесс $s(t)$. Иначе гово-

ря, она определяется следующим образом: $S(t) = \sqrt{s^2(t) + s_1^2(t)}$, где $s_1(t)$ - преобразование Гильберта исходного сигнала $s(t)$. Следовательно, стоит прибегнуть к использованию аналитического сигнала. Его можно представить как $\dot{s}(t) = s(t) + js_1(t) = S(t)e^{j\Phi(t)}$, откуда легко заметить, что по сути ДО должен выделять модуль аналитического сигнала [3].

Далее реализуется временной селектор (ВС) посредством выбора элементов массива с интервалом в длительность импульса. Последним же этапом является моделирование порогового устройства (ПУ). Для этого рассчитывается пороговое значение, с которым будет сравниваться выходной сигнал временного селектора.

В данной работе используется критерий Неймана-Пирсона, согласно которому минимизируется вероятность пропуска при заданной вероятности ложной тревоги. В соответствии с этим, формула для расчета порога принимает вид: $Z_{\pi} = \sigma\sqrt{-2\ln\alpha}$, где σ – среднеквадратическое отклонение (СКО) шума на выходе согласованного фильтра, α – вероятность ложной тревоги, значение которой соответствует исходным требованиям.

СКО шума на выходе СФ оценивается следующим образом: принятый сигнал после обработки согласованным фильтром будет иметь зоны с явным отсутствием полезного сигнала. Эти зоны выделяются (рис. 4) и, таким образом, появляется реализация шума, обработанная согласованным фильтром, по которой можно определить СКО шума на выходе СФ.

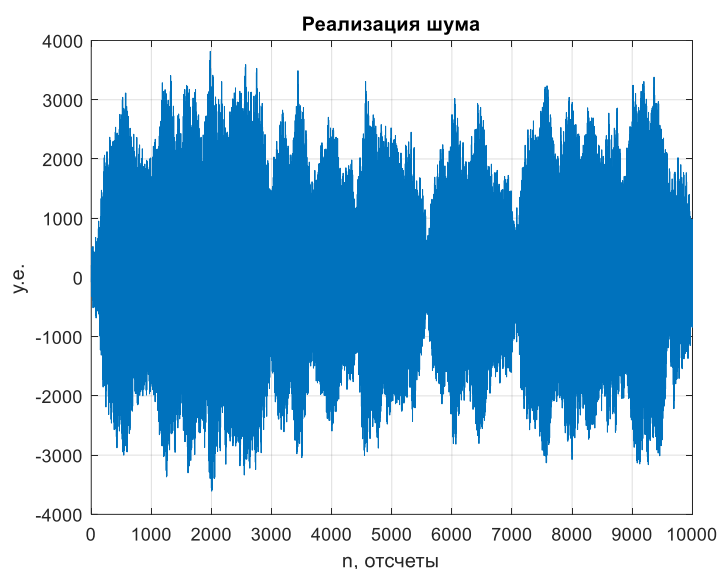


Рис. 4. Реализация шума

Таким образом, результатом работы обнаружителя является график сигнала после обработки согласованным фильтром, затем детектором огибающей и временным селектором, с отмеченным на нем пороговым значением (рис. 5). Это позволяет зрительно оценить результат: если отклик сигнала превышает значение порога, то можно сделать вывод о его наличии, если же нет, то, соответственно, об его отсутствии.

Рассмотрим, как на работу обнаружителя влияет С/Ш. Как уже было сказано, в работе рассматриваются две реализации: С/Ш=40 (порядка 32 дБ) и С/Ш=7,7 (или 17,7 дБ). Для этого оценим вероятность пропуска сигнала (ВПС). При теоретическом расчете для первой реализации по формуле $\beta = Q(h, q)$, где $h = Z_{\pi}/\sqrt{N_0 E/2}$ – нормированный порог,

$q = \sqrt{2E/N_0}$ – отношение сигнал/шум, $Q(u, v) = \int_0^u t \exp\left(-\frac{t^2 + v^2}{2}\right) I_0(vt) dt$ – табулированная Q-функция Маркума (интегральное распределение Рэлея-Райса), значение ВПС = $2 \cdot 10^{-52}$. При исследовании реализации принятого сигнала было получено, что ни один отклик полезного сигнала пропущен не был, что говорит о том, что значение ВПС=0, что является довольно близким к теоретическому.

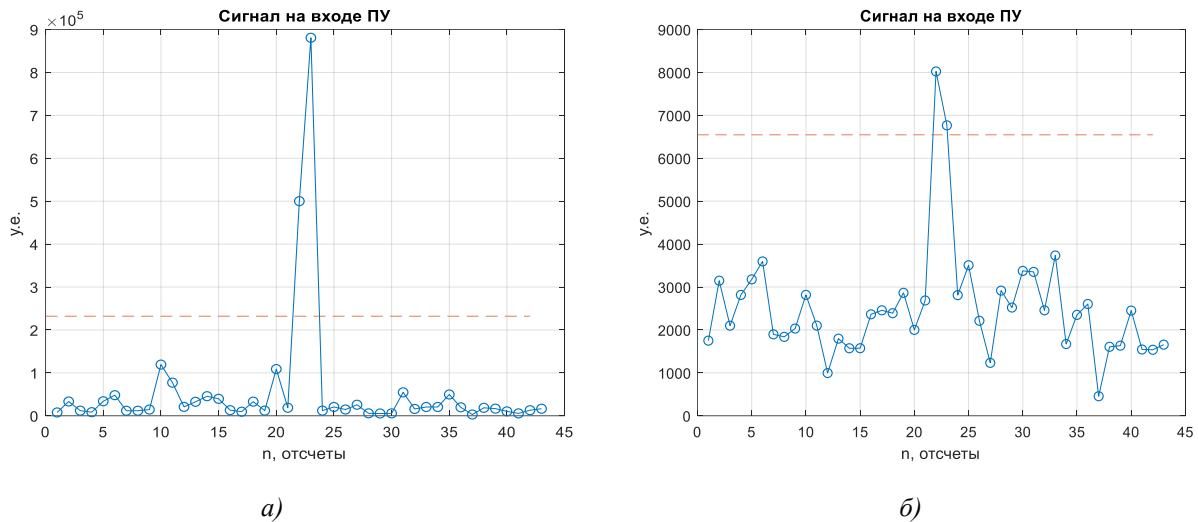


Рис. 5. Результат работы обнаружителя: а) С/Ш=40, б) С/Ш=7,7

Для второй реализации С/Ш намного ниже, и теоретическое значение ВПС оказалось равным 0,066, а экспериментальное – 0,05, что сравнимо больше, чем для первой реализации.

Таким образом, в данной работе был рассмотрен вопрос поиска сигнала в данных эхолотатора. Результатом работы является программный код, реализующий алгоритм поиска сигнала полезного сигнала в оцифрованных данных.

Список литературы

1. Маругин А.С, Орлов В.К., Хазиахметова Р.Р. Поиск широкополосного сигнала радионавигационной системы. // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2018, вып. № 6, с. 66-75
2. Горячкин О.В. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие. Самара.: Изд-во ПГУТИ, 2008. 118 с.
3. Обнаружение и различение сигналов / сост.: В.П. Ипатов, О.М. Заславская, А.С. Маругин, С.А. Пыко, Ю.Д. Ульяницкий. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. 80 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФАР

Д.С. ПЕТРУШОВ, Г.А. КОСТИКОВ

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

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния подстилающей поверхности и близлежащего окружения на характеристики ФАР круговой поляризации. Выявлены закономерности поведения поляризационных и полевых характеристик при различных геометриях и проводимости подстилающей поверхности.

Ключевые слова: ФАР, коническая спираль, широкополосная антенна, круговая поляризация

Введение

Широкополосные фазированные антенные решетки находят применение в радиотехнических системах различного назначения. В том числе они используются для приема сигналов СНС GPS/ГЛОНАСС ввиду большого разброса диапазонов рабочих частот в таких системах. Применение антенных решеток (АР) в таких системах является актуальной задачей, позволяющей улучшить электрические характеристики и повысить их устойчивость к системам радиоэлектронной борьбы [1].

На характеристики ФАР оказывают влияние не только геометрия решетки, но и внешнее окружение, взаимное расположение, форма и характеристики подстилающей поверхности (проводимость, диэлектрическая проницаемость). Отсутствие такой информации в литературе усложняет проектирование и оценку электрических характеристик антенн и систем, в которых они используются.

Разработка излучателя и антенной решетки

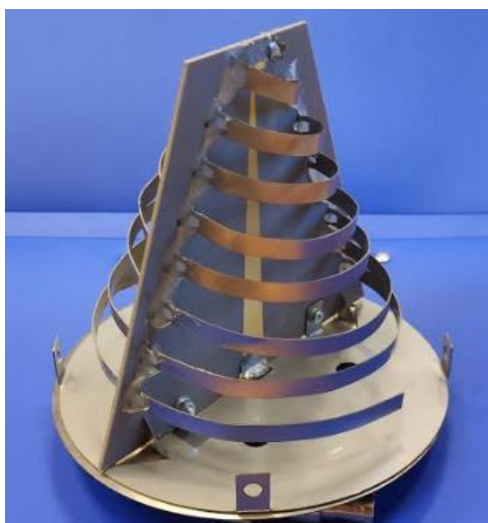


Рисунок 1. Макет излучателя

Основное внимание в литературе сосредоточено на антенных решетках, реализованных на базе печатных элементов, для которых возникают трудности в обеспе-

чении работы в широком диапазоне частот с хорошими поляризационными характеристиками. В [2] была разработана двухзаходная коническая спиральная антенна, обладающая хорошим компромиссом между конструктивными и электрическими характеристиками, сохраняющимися в широкой полосе рабочих частот, её геометрия представлена на (рис.1).

Особенностью конструкции является использование печатной платы трансформатора в качестве основы для витков. Модуль коэффициента отражения на входе в октавной полосе частот не превосходит -10 дБ, коэффициент эллиптичности (КЭ) в полосе частот находится на уровне 1 дБ. Коэффициент усиления слабо зависит от частоты и принимает значения около 7,5 дБ.

Следующим этапом исследования стало создание математической модели АР на основе разработанного спирального излучателя. Элементы располагаются в узлах гексагональной сетки – шесть излучателей в вершинах шестигранника и один в центре (Рис. 2.).

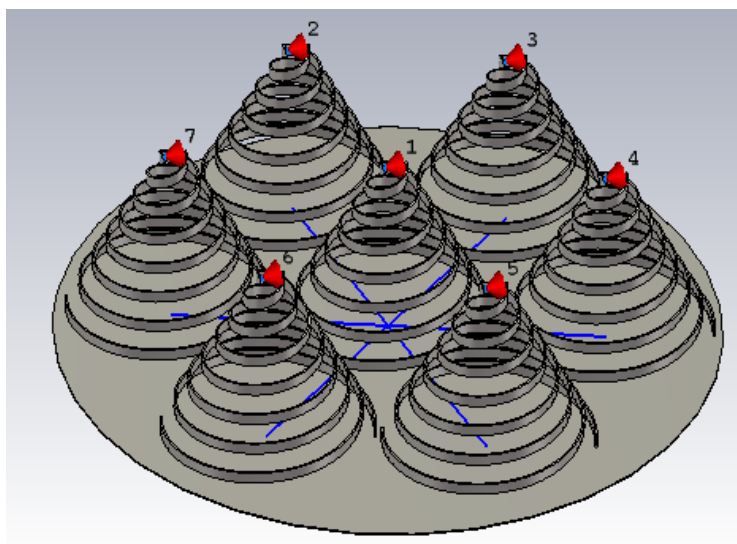


Рисунок 2. Антенная решетка

При осевом излучении антенная решетка обладает коэффициентом усиления 14.7 дБ на частоте 1.2 ГГц, ширина основного лепестка по уровню половинной мощности составляет 36° ; уровень боковых лепестков не превышает -15 дБ; коэффициент эллиптичности при осевом излучении не превышает 0.5 дБ.

Влияние подстилающей поверхности на характеристики антенны.

Особенностью конической спиральной антенны является формирование основного лепестка ДН в направлении возбуждающего узла, находящегося в вершине конуса. Представляет интерес исследования влияния проводимости подстилающей поверхности и ближайшего окружения на характеристики антенной решетки. Отказ от подстилающей поверхности с высокой проводимостью может снизить радиолокационную заметность и улучшить конструктивное исполнение решетки.

В рассмотренной конструкции подстилающая поверхность представляет собой проводящий диск толщиной 3 мм, диаметром 134 мм для элемента и 430 мм для решетки. Заменим его на диэлектрик с проницаемостью $\epsilon=4.4$, и на основе электродинамического моделирования оценим степень влияния на характеристики.

На рис. 3 приводятся зависимости КНД и коэффициент эллиптичности одиночного элемента и антенной решетки для проводящей и диэлектрической подстилающей поверхности на частотах 1,2 ГГц и 1,6 ГГц.

При замене проводящего диска на диэлектрический КНД одиночного элемента в диапазоне исследуемых частот уменьшился всего на 0,1 дБ, ширина основного лепестка ДН по уровню половинной мощности увеличилась на 4°. КЭ на частоте 1,2 ГГц ухудшился на 3 дБ, а на частоте 1,6 ГГц на 1,3 дБ. КНД антенной решетки в направлении осевого излучения на исследуемых частотах уменьшился на 0,5 дБ. Разница в КЭ решетки при проводящем и диэлектрическом основании составляет около 1 дБ на рассматриваемых частотах.

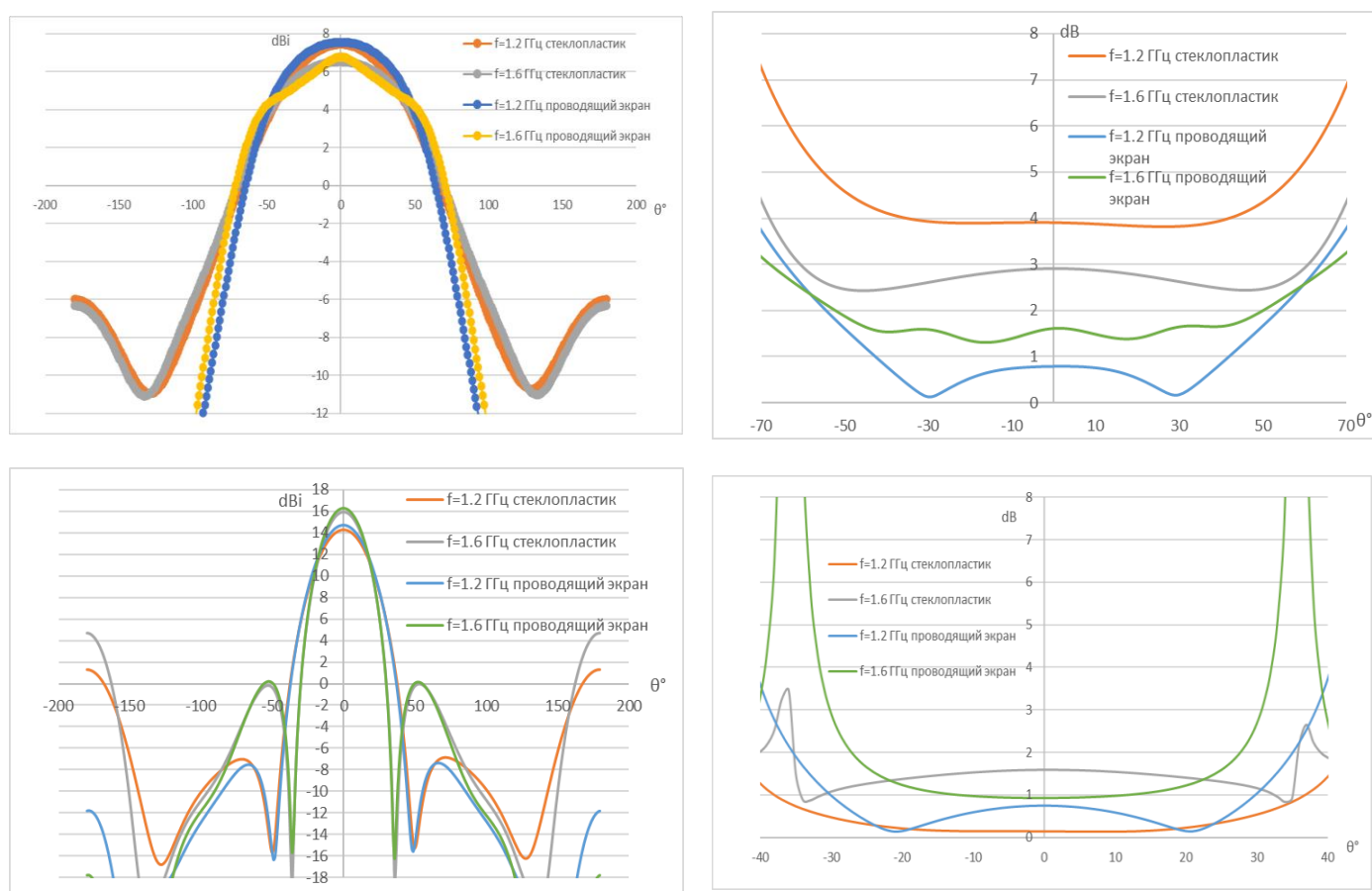


Рисунок 3. Угловое распределение КНД и КЭ одиночного элемента (сверху) и антенной решетки (снизу) при использовании проводящей подстилающей поверхности и поверхности из стеклопластика

Оценим влияние элементов, находящиеся внутри корпуса носителя, на основные электрические характеристики антенной решетки. Предположим, что в плоскости решетки на расстоянии 200 мм от центра находится проводящий корпус, прямоугольной формы с габаритными размерами 150×250×150 мм (рис.4).

Характеристики одиночного элемента для данной геометрии показали незначительные изменения коэффициента усиления, при этом КЭ претерпел заметное ухудшение, на частоте 1,2 ГГц он равен 3,5 дБ, что на 3 дБ хуже, чем при отсутствии дополнительного

элемента в ближайшем окружении. Коэффициент усиления решетки при осевом излучении достигает 14.5 дБ, в то время как коэффициент эллиптичности не превышает 1 дБ. Ширина основного лепестка ДН по уровню половинной мощности составляет 37°.

В работе исследовано влияние близкорасположенных элементов, находящихся непосредственно за диэлектрической подстилающей поверхностью на поляризационные характеристики решетки. Установлено, что проводящий корпус, располагающийся на расстоянии 200 мм за плоскостью основания, приводит к незначительному изменению КЭ и КНД решетки. В докладе приводятся и подробно обсуждаются полученные результаты.

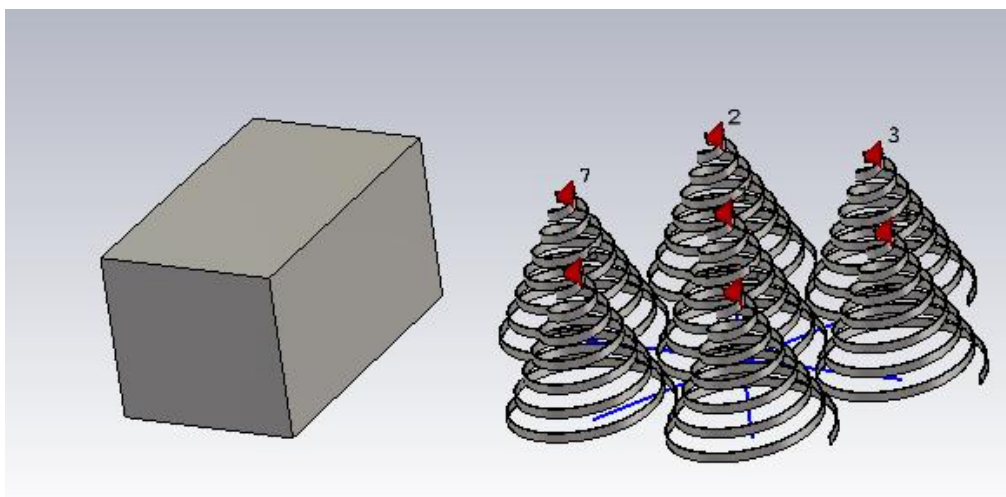


Рисунок 4. Иллюстрация эксперимента в среде

Заключение

В ходе исследования влияния проводимости подстилающей поверхности, было выявлено заметное изменение поляризационных характеристик ФАР при переходе от проводящего к диэлектрическому основанию. В работе проведена оценка влияния близлежащего окружения на полевые характеристики ФАР.

Список литературы

1. Слюсар.В. Цифровые антенные решетки. Решение задач GPS // Электроника: Наука, Техника, Бизнес. - 2009. - №1. – с 74-78.
2. Л. М. Любина, Д.С.Петрушов, Г.А.Костиков. Антенная решётка круговой поляризации на основе конических спиральных излучателей // 75-я научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио. – 2020.

МОДЕЛЬ РАССЕЯННОГО ВИНТАМИ ВЕРТОЛЕТА РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА

Е.С. ПЛОТНИЦКАЯ

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

Аннотация. Предложена математическая модель сигнала, рассеянного несущим и рулевым винтами вертолета. Приводятся результаты моделирования применительно к РЛС с узкополосным сигналом дециметрового диапазона. Приведено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными с помощью полуактивной РЛС, работающей со сторонним сигналом подсвета цифрового эфирного телевидения. Значения, полученные в результате экспериментальных исследований, соответствуют результатам, полученным при моделировании, что подтверждает работоспособность предложенной модели.

Ключевые слова: моделирование сигнала, радиолокация, вертолет.

Рассмотрим прямоугольную систему координат (OXYZ), в нуле которой находится центр РЛС (рис. 1). Примем, что вертолет летит вдоль оси OX со скоростью v . Будем рассматривать лопасть винта как совокупность изотропных отражателей, расположенных вдоль нее.

Положим, что x_0, y_0, z_0 - начальные координаты центра вращения несущего винта вертолета, где z_0 - высота полета вертолета.

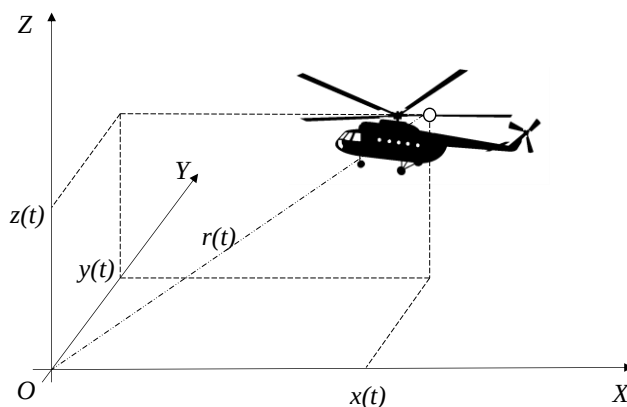


Рис. 1. Вертолет в прямоугольной системе координат

Рассмотрим математическую модель сигнала, рассеянного несущим винтом вертолета, состоящего из N лопастей, представляющих собой совокупность точечных отражателей, расположенных на поверхности лопасти, при этом интервал между ними составляет $\lambda/4$. Координаты i -го отражателя на n -й лопасти изменяются согласно законам:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + vt + R(\cos \varphi_n(t)); \\ y(t) = y_0 - R(\sin \varphi_n(t)); \\ z(t) = z_0. \end{cases} \quad (1)$$

где R – расстояние от втулки винта до точечного отражателя, $\varphi_n(t)$ – угловое положение n -й лопасти относительно оси ОХ.

Угловое положение n -й лопасти относительно оси ОХ зависит от частоты вращения винта F_v и изменяется по закону:

$$\varphi_n(t) = 2\pi F_v(t + (n-1)\Delta t) + \varphi_0, \quad (2)$$

где φ_0 – начальное угловое положение первой лопасти в момент $t = 0$, $\Delta t = 1/(F_v N)$.

Дальность до g -го отражателя на n -й лопасти описывается следующим образом:

$$r(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t) + z^2(t)}. \quad (3)$$

Фазовая структура рассеянного сигнала представляет собой зависимость от дальности до отражателей на лопастях несущего винта в процессе вращения и от частоты его вращения [1]. Фаза рассеянного сигнала g -ым отражателем на n -й лопасти определяется выражением:

$$\varphi_{n,r}(t) = 2kr(t), \quad (4)$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, λ – длина волны.

В свою очередь, мощность рассеянного сигнала точечным отражателем равна

$$P(t) = \frac{P_0 G_{Tr} G_{Rc} \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 (r(t))^4}, \quad (5)$$

где P_0 – мощность зондирующего сигнала, G_{Tr} , G_{Rc} – коэффициенты усиления приемной и передающей антенн, σ – ЭПР (эффективная площадь рассеяния) лопасти несущего винта (кромки) или лопасти рулевого.

Закон изменения амплитуды сигнала, рассеянного g -ым отражателем на n -й лопасти

$$E(t) = \sqrt{2P(t)}. \quad (6)$$

Считая, что сигнал, рассеянный винтом, представляется совокупностью сигналов, рассеянных точечными отражателями, лежащими на поверхностях лопастей винта, определим временную зависимость комплексной огибающей рассеянного сигнала [2]:

$$U(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{Ri=1}^{Rmax} E(t) \exp[i(\varphi_{n,r}(t))]. \quad (7)$$

Моделирование комплексной огибающей рассеянного сигнала и соответствующего ему спектра выполнялось для вертолета МИ-8 при следующих начальных условиях: вертолет зависает в воздухе ($v = 0$ м/с), при этом лопасти его винтов вращаются относительно РЛС. Частота вращения несущего винта $F_v = 3,2$ Гц, число лопастей $N = 1$, длина лопасти $l = 10,35$ м [3].

Начальное угловое положение лопасти $\varphi_0 = 30^\circ$, ЭПР отражающего элемента лопасти для упрощения анализа принята за константу $\sigma = 4,5 \cdot 10^{-3}$ м². Координаты положения втулки винта: $x_0 = 205$ м, $y_0 = 200$ м, $z_0 = 50$ м. Зондирующий сигнал монохроматический с длиной волны $\lambda = 0,45$ м. Частота дискретизации равна $F_d = 96$ кГц.

Для упрощения вычислений и последующего анализа огибающей сигнала и спектра было принято, что $\frac{P_0 G_{Tr} G_{Rc} \lambda^2}{(4\pi)^3} = const = 1$.

На рис. 2 показаны результаты моделирования спектра сигнала, рассеянного несущим винтом, каждая лопасть которого при этом представлена совокупностью точечных отражателей. Спектр рассеянного сигнала представляет собой набор периодических

составляющих с частотой повторения 16 Гц, что соответствует произведению частоты вращения винта и числа лопастей $F_v N$.

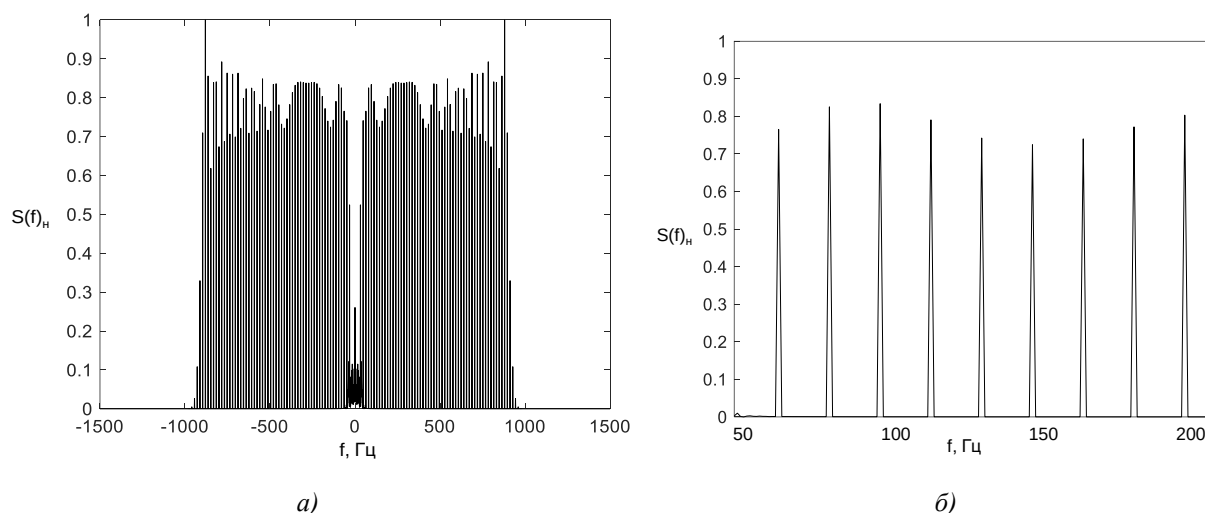


Рис. 2. Спектр (а) и фрагмент спектра (б) рассеянного сигнала при представлении лопастей несущего винта как совокупности точечных отражателей

Особый интерес представляет моделирование сигнала, рассеянного несущим и рулевым винтами в совокупности. В этом случае мы получим максимально приближенный к реальному сигнал и его спектр. Сигнал, рассеянный вращающимися винтами вертолета, состоит из суперпозиции сигналов, рассеянных несущим и рулевым винтами вертолета.

Как и в случае с несущим винтом, было проведено моделирование сигнала, рассеянного рулевым винтом вертолета. Однако было учтено, что в прямоугольной системе координат законы изменения координат точечного отражателя от РЛС во времени определяются следующим образом:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + vt + R(\cos \varphi_n(t)); \\ y(t) = y_0; \\ z(t) = z_0 - R(\sin \varphi_n(t)). \end{cases} \quad (8)$$

Все остальные формулы (2-7) остались без изменений. Также использовались следующие данные для моделирования: частота вращения рулевого винта $F_v = 18,6$ Гц, число лопастей $N = 3$, длина лопасти $l = 1,95$ м.

Начальное угловое положение лопасти $\varphi_0 = 30^\circ$, ЭПР отражающего элемента лопасти рулевого винта принята за константу $\sigma = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Координаты начального положения втулки винта: $x_0 = 217$ м, $y_0 = 199$ м, $z_0 = 50$ м. Лопастей винта представляются как совокупности точечных отражателей, расстояние между которыми составляет $\lambda/4$.

На спектре отраженного сигнала (рис.3) появляются две последовательности модуляционных составляющих с частотами повторения 16 Гц и 56 Гц, которые соответствуют отражениям от несущего и рулевого винтов вертолета. Таким образом можно оценить частоты вращения несущего и рулевого винтов соответственно.

На рис.4 показан экспериментально полученный спектр рассеянного сигнала от вертолета с подавленной составляющей отражения от фюзеляжа [5]. На спектре можно

наблюдать модуляционные составляющие, соответствующие рассеянию несущим и рулевым винтами.

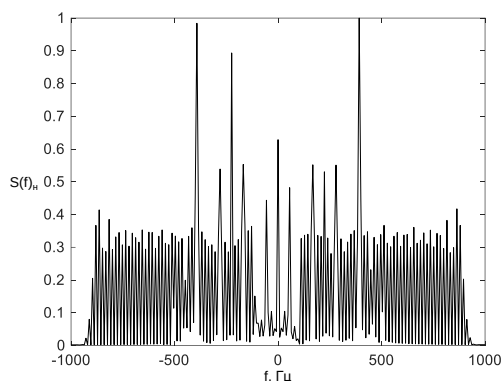


Рис. 3. Спектр рассеянного сигнала вращающимися несущим и рулевым винтами вертолета

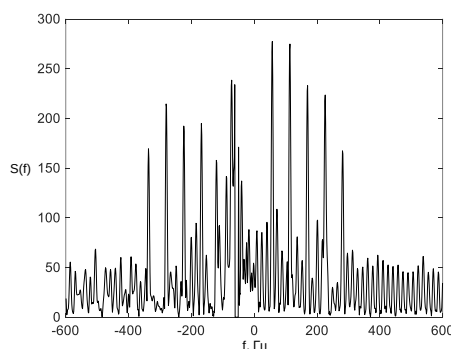


Рис. 4. Спектр рассеянного сигнала вращающимися винтами вертолета МИ-8, полученный экспериментально

Частота повторения составляющих, соответствующих рассеянию несущим винтом кратна 3,2 Гц, а рулевым - 18,6 Гц. Таким образом, значения, полученные в результате экспериментальных исследований соответствуют результатам, полученным при моделировании, что подтверждает работоспособность предложенной математической модели рассеянного радиолокационного сигнала.

Список литературы

1. Гейстер С. Р., Нгуен Т. Т. Математические модели радиолокационного сигнала, отраженного от несущего винта вертолета, в приложении к обращенному синтезу апертуры // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2019. Т. 22, № 3. С. 74–87.
2. Охрименко А.Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Часть 1. Основы радиолокации. – М.: Военное издательство, 1983.
3. Учебно-методическое пособие «Практическая аэродинамика вертолета МИ-8МТ». Москва, 2006.
4. Tikkinen J., Helander E., Visa A. Joint Utilization of Incoherently and Coherently Integrated Radar Signal in Helicopter Categorization. IEEE International Radar Conference, 9–12 May 2005, Arlington, VA, USA. Piscataway: IEEE, 2005, pp. 540–545.
5. DVB-T2 passive radar developed at Saint Petersburg Electrotechnical University / E. Vorobev, A. Barkhatov, V. Veremyev, V. Kutuzov // 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON), 14–17 May 2018, Poznan, Poland. Piscataway: IEEE, 2018, pp. 204–207.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОРСКОЙ ЛЕДОВОЙ НАВИГАЦИИ

С.Ю. Ряскина ¹, И.Ю. Ситников ²

¹*Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический университет «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург, Россия*

²*ООО «НавДК», Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Описан процесс обработки радиолокационных изображений льда от судовых радаров в условиях зимней навигации. Использование предложенных методов обработки позволяет повысить эффективность мониторинга ледовой обстановки в программном модуле «dKart Navigator Ice Syntesizer» электронно-картографической системы (ЭКС). Геопривязанные ледовые снимки преобразуются в синтезированную мозаику на заданном интервале времени движения судна. Такой подход позволяет также уменьшить объём данных, передаваемых через каналы связи судно-берег-судно и увеличить информативность передаваемой единицы за счёт увеличения анализируемой области и снижения дублирования.

Ключевые слова: мониторинг ледовой обстановки, РЛС, интегрированные ледовые снимки, синтез изображений.

В целях безопасности морской навигации согласно требованиям Полярного кодекса у судов должно быть оборудование, способное получить оперативную информацию, включая информацию о ледовой обстановке. Также суда должны быть обеспечены средствами получения и отображения текущей информации о ледовой обстановке в районе плавания. [0]

Навигация в ледовых условиях бывает осложнена состоянием погоды: часты дожди, туманы и снегопады, дрейф льда. Из-за погодных условий может происходить ослабление, рассеяние, деполяризация и рефракция радиоволн. Также важно знать толщину льда для определения оптимального пути следования.

Основные виды льдов определяются по яркости полученного изображения (величина, определяемая коэффициентом обратного рассеяния поверхности). Используются РЛС миллиметрового диапазона, которые способны определить важные характеристики ледовой обстановки в ближней зоне: сплочённость, торосистость, ниласы и толщину льда [0]. Также одним из основных параметров, определяющих характер исследуемых льдов, является текстура изображения (матовая, зернистая или дендритовая), описываемая характеристиками статистической взаимосвязи значений яркости его соседних пикселей. Текстура меняется в зависимости от особенностей формирования ледовых покровов, возраста и состояния поверхности льда.

В радиолокационных системах используется изменение поляризации сигнала при взаимодействии с объектом. Применяют параллельный режим (направленный и принятый сигнал имеют одну и ту же поляризацию) и режим кроссполяризации (различная поляризация излучаемого и отраженного сигналов). Изображения, получаемые при различных поляризациях радиоволн позволяют более достоверно классифицировать разные виды льдов по значениям поляризационного отношения и разности фаз. [0]

Для повышения информативности радарных изображений используется техника накопления радиолокационного сигнала от нескольких обзоров, что позволяет очистить снимок от шумов. [0]

В системе предполагается использование данных от радиолокационного индикатора ледовой обстановки, который обеспечивает визуализацию радиолокационного сигнала от навигационного радара и автоматическое формирование геопривязанных ледовых радарных изображений.

В береговом центре предполагается установка ЭКС «dKart Navigator Ice» [0], позволяющей принимать и обрабатывать радиолокационные снимки от различных источников, включая судовые радары.

Для передачи радиолокационных изображений от судна до берегового центра используется действующая сеть, например, на базе оборудования беспроводного широкополосного доступа «InfiNet»[0] или активно развиваемые в настоящий момент широкополосный интернет на базе ИСЗ Иридиум [0], ИСЗ технология VSAT [0].

«dKart Navigator Ice Syntesizer» принимает ледовые снимки с судна через канал связи и производит их точное объединение и глубокую обработку, увеличивая область информационной оценки ледового покрова и повышая качество изображения. Синтезированный снимок позволяет оценить выбранный отрезок пути судна и передаётся раз в полчаса, позволяя экономить трафик.

Для мониторинга ледовой обстановки в штабе ледовых используется ЭКС «dKart Navigator Ice». ЭКС обеспечивает полнофункциональный доступ ко всем данным ледового прогноза ФГБУ АНИИ, включая векторные карты ледового прогноза, дрейфа, сжатия и торосистости на район обслуживания.

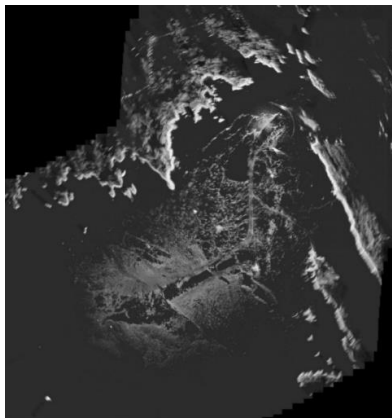


Рисунок 5 – Синтезированный снимок – результат обработки 22 ледовых снимков ледовой приставки «IceVision».

Обновленная версия ЭКС «dKart Navigator Ice» в качестве дополнительного источника информации использует геопривязанные снимки радиолокационных изображений, сформированные на интервале наблюдения около минуты постобработкой в судовом индикаторе «IceVision» на ледоколе. Разработанный дополнительный программный модуль «dKart Navigator Ice Syntesizer» в автоматическом режиме принимает ледовые снимки и производит объединение и обработку одиночных ледовых снимков, поступающих с ледокола, с целью увеличения области информационной оценки ледового покрова и повышения качества изображения. Синтезированный снимок позволяет оценить крупный отрезок пути судна, создавая расширенное пространственное представление ледовой обстановки. Размер области интеграции может варьироваться. В экспериментах область интеграции соответствовала времени движения от получаса до 2-х часов (Рисунок 5).

Таким образом ЭКС «dKart Navigator Ice» в береговом центре автоматически получает от каждого судна, оснащённого ледовым радаром с модулем синтеза, по одному снимку с заданной периодичностью, сохраняя их во внутренней базе данных с учётом даты и района. Сложение снимков с помощью технологии «dKart Navigator Ice Syntesizer» производится с аналитической предобработкой каждого поступающего снимка:

- исключаются грубые промахи – снимки, не несущие достаточного количества информации;
- производится точный пересчёт элементов изображения для повышения географической точности и четкости результирующей мозаики;
- для повышения качества синтезированного снимка сложение происходит с использованием пространственных фильтров (Рисунок 6)

Поступающий поток данных проходит фильтрацию – исключаются грубые промахи, изображения, не несущие достаточного количества информации. Для этого производится оценка гистограммы каждого поступающего снимка в нескольких строках раstra для определения цветового распределения, которое определяет информативность снимка.

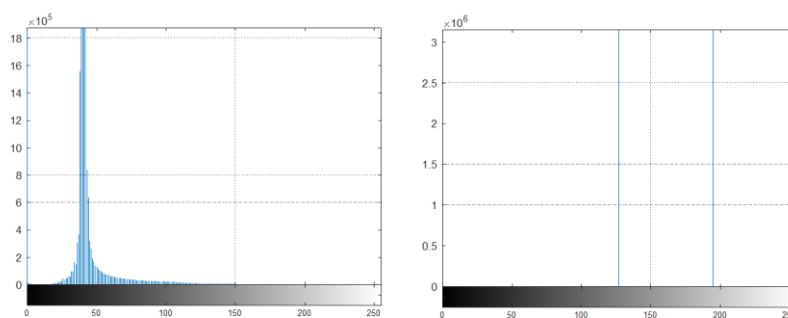


Рисунок 6 – Пример гистограммы полезного изображения (слева) и двухцветного изображения-промаха (справа)

Гистограмма – распределение яркости изображения. Программа получает её, распределяя пиксели выбранных для оценки строк по ячейкам массива. Всего массив содержит 256 ячеек по количеству градаций в изображении. Количество проанализированных пикселей запоминается программой. После этого исследуется заполненный массив для обнаружения пиков гистограммы: изображение отсеивается, если программа не считает его информативным.

В модуле вторичной обработки происходит сжатие изображений, прошедших первичную отбраковку, и уменьшение влияния погрешностей первичной обработки радарного модуля: географический пересчёт пикселей снимка из ортографической проекции. При первичной обработке координатная привязка имеет смещение и погрешности угловой привязки. Разработанный программный модуль производит пересчёт координат и выравнивает географическое положение снимка и по возможности компенсирует искажения проекции изображения.

Одна из проблем, с которыми сталкивается вторичная обработка – потеря информативности в следствие засветки ближней зоны. Интеграция снимков производится с пространственной фильтрацией, засвеченная зона не участвует в сложении, если её возможно заменить более информативным участком другого снимка.

В ходе работы было опытным путем подтверждено, что формат изображения JPG в реализации стандартных библиотек Microsoft (r) Windows 10 (JFIF Specification 1.02) [9]

вносит заметные дополнительные погрешности в итоговое синтезированное изображение при стандартном использовании (качество 50%), поэтому синтезатор может сохранять изображения с регулируемым качеством JPG включая 100% или без искажений в формате PNG. Следует отметить, что ледовые снимки в формате JPG со 100% качеством примерно вдвое больше этого же снимка в формате PNG. Перспективный формат JPEG2000 не использовался в проведенной работе.

Размер одного геопривязанного снимка, который формирует радарный модуль в 20-и километровой зоне, составляет в среднем 200 килобайт. С учётом передачи данных с темпом один снимок за 5 минут – среднюю скорость передаваемых данных можно оценить величиной 1 кбайт/с. Если использовать программный модуль «dKart Navigator Ice Syntesizer» на ледоколе и передавать уже синтезированные снимки («мозаики»), то объём передаваемых данных можно сократить в 6-10 раз. Процесс формирования радиолокационных снимков, их передачи по линиям связи, синтеза и отображения интегрированных радиолокационных изображений полностью автоматизирован и не требует действия оператора как на судне, так и в береговом центре. Список доступных для отображения снимков автоматически обновляется в пользовательском интерфейсе ЭКС «dKart Navigator Ice».

Формируемое интегрированное радиолокационное изображение ледового поля имеет высокую оперативность (на уровне десятков минут) и значительно более высокое разрешение, по сравнению с доступными спутниковыми снимками видимого и радиолокационного диапазонов для данного района. Передача синтезированных радиолокационных изображений на другие суда, действующие в районе плавания и отображение этих изображений на судовой электронно-картографической системе, позволила бы повысить эффективность и безопасность ледового плавания этих судов за счёт расширения зоны наблюдения.

Обобщённая интегрированная ледовая информация позволяет решать задачи оценки ледовой обстановки и значительно повышает надёжность и безопасность ледового плавания.

Список литературы

1. IMO. «International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)». – 2016. – MEPC 68/21/Add.1
2. Захваткина Н. Ю. «Наблюдение ледяного покрова с помощью радиолокационных систем дистанционного зондирования» //Современные проблемы науки и образования. – 2012. - № 4.
3. Смирнов В.Г. «Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей». – 2011. – ААНИИ, СПб
4. Фадеев В. А., Баргман С. А., Булатов А. А. «Радиолокационные средства МКиС контроля ледовой обстановки» - 2019.
5. Ситников И.Ю., Самсонова Т.Е., Миронов Е.У., Смоляницкий В.М., Кусуров В.И., Иванов В.В. «Модернизированная технология ECS dKart Navigator Ice для эффективного использования ледовой и навигационной информации на платформах и судах ледового плавания» - 14-я межд.конф. RAO/CIS Offshore 2019, СПб
6. www.infinet.ru
7. <https://www.iridium-russia.com>
8. sea-vsatsat.com
9. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/wic/jpeg-format-overview>

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПАССИВНОЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЛС, ОСНОВАННОЙ НА ПРИМЕНЕНИИ ВЗАИМОКОРРЕЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

И. С. СЕРДЮКОВ^{1, 2}

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

²*ПАО «Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел»*

Аннотация. В рамках данной статьи производится построение математической модели взаимокорреляционного метода обработки сигналов от источников активных шумовых помех в многопозиционных РЛС контроля воздушного пространства, позволяющего определять разность времени прихода сигналов от источников радиоизлучения на разнесенные в пространстве приемные позиции.

Ключевые слова: РЛС, радиолокационные системы, многопозиционная радиолокация, обработка шумовых сигналов, активные шумовые помехи, пассивная радиолокация.

В настоящее время большинство летательных аппаратов (ЛА) так или иначе оснащены различными радиоэлектронными средствами, излучающими электромагнитную энергию в окружающее пространство. С одной стороны, это могут быть средства связи, управления, бортовые РЛС и другие средства, обеспечивающие функционирование ЛА; с другой стороны, это могут быть специальные средства радиоподавления (источники активных шумовых помех), назначением которых является противодействие РЛС контроля воздушного пространства с целью сокрытия своего присутствия или введения подсистем сопровождения РЛС в заблуждение. Помимо этого, летательные аппараты могут быть источниками вторичного излучения мощных электромагнитных полей, генерируемых радиоэлектронными средствами, используемыми в общественных и коммерческих целях (передатчики вышек сотовой связи, телевидения, радиовещания и др.).

В условиях столь насыщенного радиозфира все более актуальным становится применение пассивных, либо комбинированных РЛС, определяющих координаты источников радиоизлучения в отсутствие зондирующего импульса, либо в условиях, когда обнаружение зондирующего импульса в шумах становится невозможным. Основными достоинствами пассивных систем являются: низкая относительно активных РЛС стоимость; возможность работы в любом диапазоне частот; низкое энергопотребление. При этом существенным недостатком таких систем является невозможность определения пространственных координат целей однопозиционными станциями, а также сложность алгоритмов объединения радиолокационной информации, получаемой разнесенными в пространстве приемными позициями.

Как показано в литературе [1]-[3], реализация определения пространственных координат в пассивных многопозиционных РЛС (МП РЛС) возможна угломерным и разностно-дальномерным методами, а также их сочетанием. Угломерный метод базируется на измерении угловых координат источников радиоизлучения разнесенными в пространстве приемными позициями и последующей триангуляции. Разностно-дальномерный (гиперболический) метод базируется на измерении разности времени приема сигнала, излучаемого (переизлучаемого) целью, разнесенными в пространстве приемными позициями [1]. Рас-

смотрим подробно реализацию измерения первичных координат целей для второго метода для двухпозиционной ячейки пассивной многопозиционной РЛС (Рис. 1).

Шумовые сигналы от источников активных шумовых помех (ИАШП) отличаются от собственных шумов взаимной корреляцией на входах разнесенных позиций. В качестве опорного сигнала вместо задержанного по времени и сдвинутого по частоте зондирующего сигнала может быть использован сигнал, принятый другой позицией. Этот сигнал будет иметь другие запаздывание и доплеровский сдвиг:

$$\begin{aligned} n_1(t) &= H_a(t - t_{r_1}) \cdot e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д1})t + \varphi_1]} \\ n_2(t) &= H_a(t - t_{r_2}) \cdot e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д2})t + \varphi_2]} \end{aligned},$$

где $t_{r_{1,2}} = \frac{r_{1,2}}{c}$ – время запаздывания собственного радиоизлучения цели, принятого первой и второй позицией, пропорциональные расстояниям цели до приемных позиций;

$\Omega_{Д1,2} = 2\pi \frac{V_{r_{1,2}}}{\lambda}$ — доплеровские сдвиги частоты, принятые двумя приемными позициями сигнала, пропорциональные радиальным скоростям перемещения цели относительно приемных позиций.

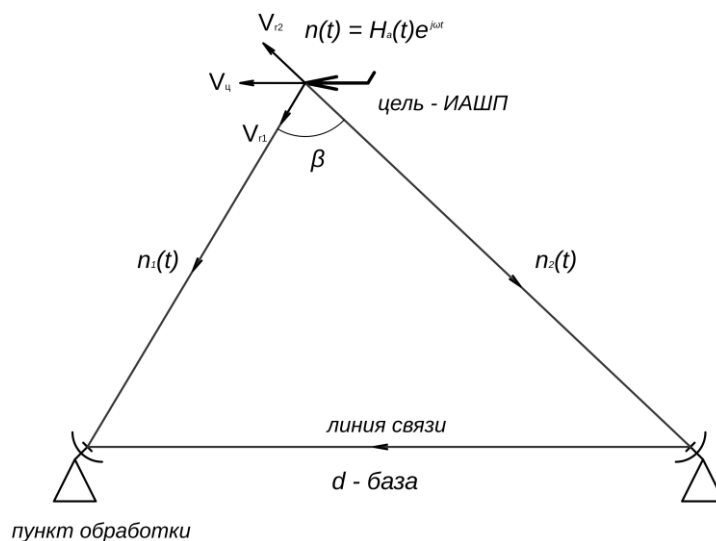


Рис. 1. Система двухпозиционной пассивной локации.

Оба сигнала имеют один и тот же закон модуляции, определяемый источником АШП, таким образом сигнал, принятый одной позицией, будет являться известным сигналом со случайной фазой, относительно сигнала, принятого второй позицией. В этом случае обнаружение и обработка сигналов сводится к выявлению одного сигнала на фоне другого, компенсации разности доплеровских сдвигов частоты $\Omega_{Д1} - \Omega_{Д2}$, получаемых из разности радиальных скоростей источника активных помех по отношению к приемным позициям $V_{r_1} - V_{r_2}$ и определении разности времен запаздывания $t_{r_1} - t_{r_2}$.

Для выявления одного сигнала на фоне другого необходимо вычислить взаимокорреляционную функцию сигналов, принятых разнесенными позициями. С учетом

доплеровских сдвигов частоты, конечного времени наблюдения $\tau = [0; t_0]$, а также времени передачи сигнала между дополнительной приемной позицией и пунктом обработки, ВКФ будет определяться, как:

$$R_{1,2}(\tau) = \int_0^{2t} H_a(t - \Delta t) H_a(t + \tau) \cdot e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д1})t + \varphi_1]} e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д2})(t + \tau) + \varphi_2]} dt,$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$ – разница времени прихода шумового сигнала на приемные пункты, варьируемая в пределах $[-\frac{d}{c}; \frac{d}{c}]$;

$\tau = [-t_0; t_0]$ – длительность ВКФ.

Однако корреляция между сигналами, принятыми разнесенными позициями, может существенно ухудшаться ввиду разности доплеровского сдвига частоты. Этот эффект может быть скомпенсирован переносом частоты, сигнала принятого, например, второй позицией, на частоту, равную разности доплеровских сдвигов частоты принятых сигналов $\Delta\Omega_{Д} = \Omega_{Д1} - \Omega_{Д2}$ [1].

В таком случае ВКФ будет определяться как:

$$R_{1,2}(\tau) = \int_0^{2t} H_a(t - \Delta t) H_a(t + \tau) \cdot e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д1})t + \varphi_1]} e^{j[(\omega_0 + \Omega_{Д1})(t + \tau) + \varphi_2]} dt$$

и корреляция не будет зависеть от взаимного доплеровского смещения частоты.

На рис. 2 представлена схема совместной взаимокорреляционной обработки сигналов, принятых двумя позициями от источника активной шумовой помехи.

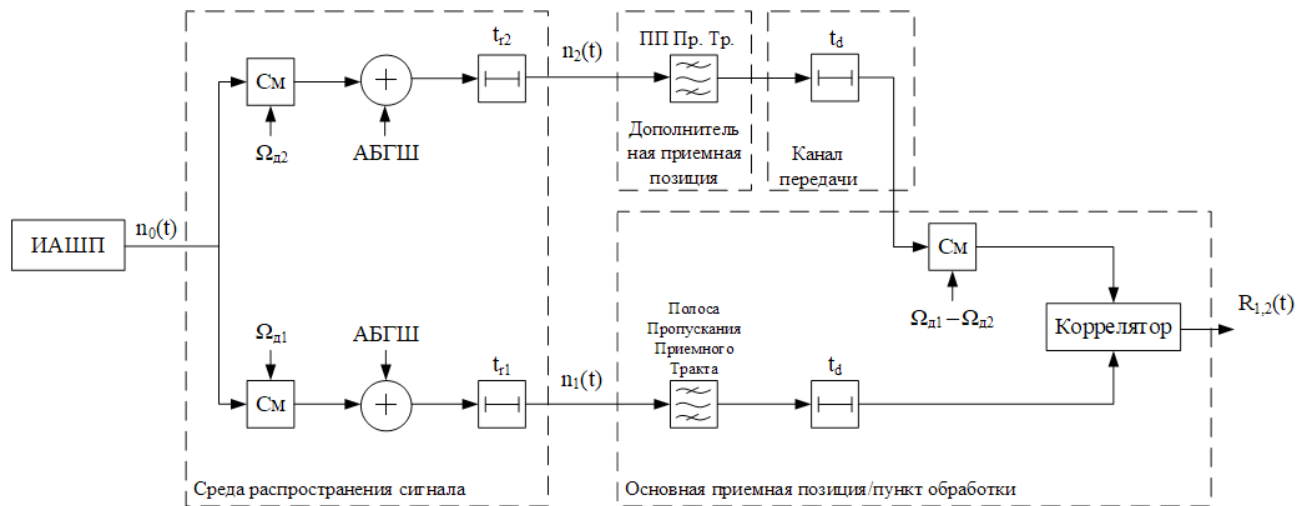
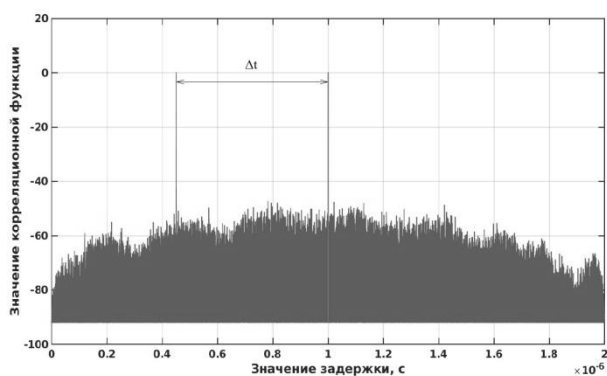


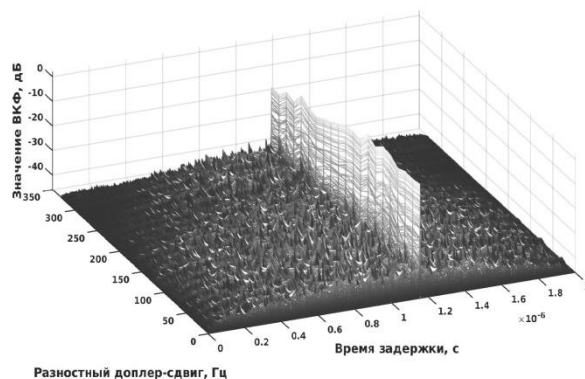
Рис. 7. Модель совместной взаимокорреляционной обработки сигналов, принятых двумя позициями от источника активной шумовой помехи.

Для оценки возможности обнаружения псевдослучайных шумовых сигналов в такой системе было произведено комплексное моделирование в среде MATLAB, Модель базируется на характеристиках РЛС контроля воздушного пространства: центральная частота 158 МГц, полоса пропускания 8 МГц, расстояние до цели 100 км. Расстояние между приемными позициями равно 10 км, время наблюдения 1 мс. Результаты моделирования представлены ниже.

На рисунке 3 (а) изображена взаимно корреляционная функция обработанных помех с компенсацией доплеровского сдвига. Отношение помеха/шум при этом равно единице. Из полученного сигнала видно, что шумовой сигнал обладает АКФ с высоким корреляционным пиком и низким уровнем боковых лепестков (< 45 дБ). Также видно, что корреляционный пик смещен относительно центра ВКФ на величину разности задержки прохождения сигнала от цели до разнесенных позиций.



а)



б)

Рисунок 3. а) Сигнал на выходе коррелятора при $F_0 = 158$ МГц, времени накопления равного 1 мс, базе 30 км, расстоянии до цели 100 км, скорости цели 600 м/с; б) График функции, отображающей корреляционные свойства обнаруживаемого шумового сигнала в зависимости от разностного доплер-сдвига.

На рисунке 3 (б) изображена функция, отображающая зависимость корреляции обнаруживаемого сигнала от скорости цели. Из полученного графика видно, что за счет корреляционных свойств шумового сигнала, а также компенсации доплер-сдвига получаемый в результате взаимокорреляционной обработки сигнал практически не зависит от скорости источника радиоизлучения.

Из результатов моделирования видно, что применение взаимокорреляционного метода обработки шумовых сигналов позволяет определять разность времени прихода сигналов от источников радиоизлучения до пар разнесенных в пространстве приемных позиций МП РЛС и обеспечивает возможность применения разностно-дальномерного метода определения пространственных координат цели.

Список литературы

1. Охрименко А. Е., Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба, Москва: Воениздат, 1983.
2. Бархатов А. В., Веремьев В. И., Воробьев Е. Н., Коновалов А. А., Ковалев Д. А., Кутузов В. М., Михайлов В. Н., Пассивная когерентная радиолокация, Санкт-Петербург: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2016.
3. Черняк В. С., Многопозиционная радиолокация, Москва: Радио и связь, 1993.

МЕТОД СОГЛАСОВАНИЯ МОД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШТЫРЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ ВОЛНОВОДЕ

Е.Ю. ЗАМЕШАЕВА, Т. Д. ЧАН

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

Аннотация. В работе рассматривается применение метода согласования мод для исследования неоднородности и цилиндрических штырей в прямоугольном волноводе. Этот метод позволяет уменьшить время моделирования по сравнению с методами, использующими 3D модели.

Ключевые слова: метод согласования мод, цилиндрический штырь, прямоугольный волновод, инвентор сопротивления.

Введение

Волноводный фильтр может быть реализован путем размещения цилиндрических штырей в поперечном сечении прямоугольного волновода. Цилиндрические штыри, размещенные в поперечном сечении прямоугольного волновода, по сути, проще в изготовлении при использовании стандартных технологий. Таким образом, цилиндрические штыри менее подвержены ошибкам обработки и являются перспективными для реализации волноводных фильтров в более высоких частотных диапазонах. Метод согласования мод обычно применяется при решении задачи рассеяния волноводной структурой с обеих сторон неоднородности. Поля при этом раскладываются в терминах типов волн (мод) в соответствующих областях с неизвестными коэффициентами. Простой состав сложных СВЧ структур с использованием основных блоков исключает необходимость создания полной 3D модели структуры и ускоряет процесс моделирования.

Неоднородности в прямоугольном волноводе

На рисунке 1 показан волноводный ступенчатый переход. В волноводе распространяется волна типа H_{10} .

Для нее поперечная составляющая электрического и магнитного поля в волноводе 1 описываются как [1]

$$E_{1y}(x, z) = \sum_{m=1}^M G_{1m} \sin\left(\frac{m\pi(x-b)}{a_1}\right) (F_{1m} e^{-jk_{1m}z} + B_{1m} e^{jk_{1m}z}),$$

$$H_{1x}(x, z) = - \sum_{m=1}^M G_{1m} Y_{1m} \sin\left(\frac{m\pi(x-b)}{a_1}\right) (F_{1m} e^{-jk_{1m}z} - B_{1m} e^{jk_{1m}z}),$$

где $k_{1m} = \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 - \left(\frac{m\pi}{a_1}\right)^2}$ – постоянная распространения для докритического режима работы волновода 1;

$k_{1m} = -j \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a_1}\right)^2 - \omega^2 \mu_0 \epsilon_0}$ – постоянная распространения для закритического режима работы волновода 1;

$Y_{1m} = \frac{k_{1m}}{\omega\mu_0}$ – проводимость волновода 1.

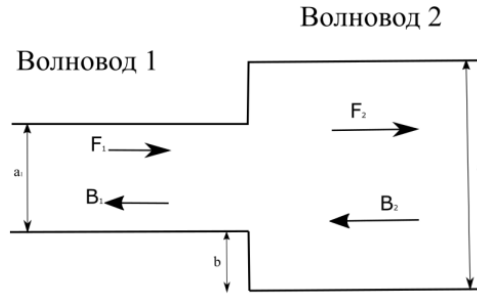


Рис. 1. Волноводный ступенчатый переход

Аналогично для волновода 2:

$$E_{2y}(x, z) = \sum_{n=1}^N G_{2n} \sin\left(\frac{n\pi(x-b)}{a_2}\right) (F_{2n} e^{-jk_{2n}z} + B_{2n} e^{jk_{2n}z}),$$

$$H_{2y}(x, z) = \sum_{n=1}^N G_{2n} Y_{2n} \sin\left(\frac{n\pi(x-b)}{a_2}\right) (F_{2n} e^{-jk_{2n}z} - B_{2n} e^{jk_{2n}z}),$$

где $k_{2n} = \sqrt{\omega^2\mu_0\epsilon_0 - \left(\frac{n\pi}{a_2}\right)^2}$ – постоянная распространения для докритического режима работы волновода 2;

$k_{2n} = -j \sqrt{\left(\frac{n\pi}{a_2}\right)^2 - \omega^2\mu_0\epsilon_0}$ – постоянная распространения для закритического режима работы волновода 2;

$Y_{2n} = \frac{k_{2n}}{\omega\mu_0}$ – проводимость волновода 2.

Граничные условия: поперечные составляющие электрического поля на стенках волноводов равны нулю; поля волновода 1 равны полям волновода 2 на переходе:

$$E_{1y}(x, z=0) = 0, \quad 0 \leq x \leq b \text{ и } (a_1+b) \leq x \leq a_2,$$

$$E_{1y}(x, z=0) = E_{2y}(x, z=0), \quad b \leq x \leq (a_1+b),$$

$$H_{1y}(x, z=0) = H_{2y}(x, z=0), \quad b \leq x \leq (a_1+b).$$

Решая эту систему уравнений, получим:

$$\begin{aligned} F_2 + B_2 &= LE(F_1 + B_1), \\ F_1 - B_1 &= LH(F_2 - B_2), \end{aligned}$$

где LE и LH являются матрицами с элементами [1]:

$$LH(m, n) = LE(n, m) = 2 \sqrt{\frac{k_{2n}}{a_1 a_2 k_{1m}}} \int_b^{a_1+b} \sin\left(\frac{m\pi(x-b)}{a_1}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{a_2}\right) dx.$$

Матрица рассеяния перехода связывает линейной зависимостью амплитуды падающих и отраженных волн на волноводах:

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ B_2 \end{bmatrix}.$$

Элементы матрицы рассеяния являются подматрицами, которые рассчитываются по этим формулам [1]:

$$\begin{aligned} S_{11} &= (W)^{-1} [I - LH.LE] \\ S_{12} &= 2(W)^{-1} LH \\ S_{21} &= LE[I + S_{11}] \\ S_{22} &= 2LE(W)^{-1} LH - I \end{aligned} \quad (1)$$

где I – единичная матрица; $W = I + LH.LE$.

Рассеяние в волноводе с двумя прямоугольными штырями

Как показано на рисунке 2, структура состоит из трех волноводов (1, 2 и 3). В свою очередь волновод 2 состоит из трех маленьких волноводов.

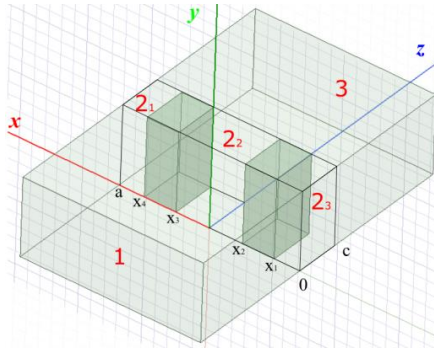


Рис. 2. Схема волновода с двумя прямоугольными штырями

Эквивалентная схема этой структуры показана на рисунке 3.

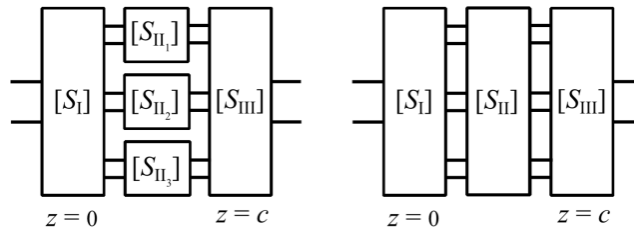


Рис. 3. Эквивалентная схема волновода с двумя прямоугольными штырями

По формуле (1) рассчитываются матрицы рассеяния S_I и S_{III} с подматрицами:

$$LE = [LE_1 \quad LE_2 \quad LE_3],$$

где:

$$\begin{aligned} LE_1(n, m) &= 2 \sqrt{\frac{k_{2n}}{ax_1k_{1m}}} \int_0^{x_1} \sin\left(\frac{m\pi x}{x_1}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx, \\ LE_2(n, m) &= 2 \sqrt{\frac{k_{2n}}{a(x_3-x_2)k_{2m}}} \int_{x_2}^{x_3} \sin\left(\frac{m\pi(x-x_2)}{x_3-x_2}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx, \end{aligned}$$

$$LE_3(n, m) = 2 \sqrt{\frac{k_{2n}}{a(a - x_4)k_{3m}}} \int_{x_4}^a \sin\left(\frac{m\pi(x - x_4)}{a - x_4}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx.$$

Матрица рассеяния S_{II} вычисляется по формуле:

$$S_{II} = \begin{bmatrix} 0 & C \\ C & 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} e^{-jk_{1m}c} & 0 & 0 \\ 0 & e^{-jk_{2m}c} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-jk_{3m}c} \end{bmatrix}.$$

Анализ прямоугольного волновода с цилиндрическими штырями

Метод согласования мод представляет сложность для анализа цилиндрических штырей, однако они могут быть аппроксимированы как А ступенчатых маленьких волноводов для дальнейшего анализа. Схема аппроксимации показана на рисунке 4.

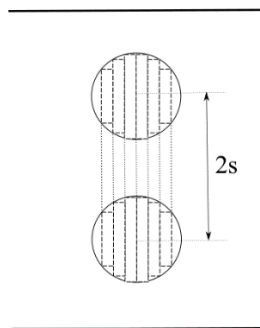


Рис. 4. Аппроксимация цилиндрических штырей

Известно, что цилиндрические штыри в прямоугольном волноводе соответствуют инвертору сопротивления [2].

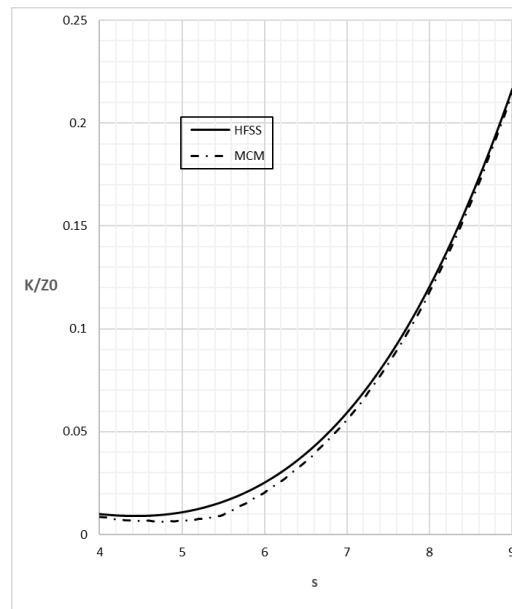


Рис. 5. Зависимость значений K/Z_0 от расстояния s при измерении на среде HFSS и MATLAB

Значения нормированных K / Z_0 инверторов сопротивления измерены с помощью среды ANSYS HFSS (время измерения: 128 секунд) и рассчитаны с помощью программы MATLAB (время измерения: 27 секунд) показаны на рисунке 5.

Заключение

По методу согласования мод измеряются значения нормированных K / Z_0 инверторов сопротивления в виде цилиндрических штырей в прямоугольном волноводе с меньшим временем работы по сравнению с HFSS и точность измерений допускается.

Список литературы

1. L. Christie, P. Mondal. Mode matching method for the analysis of cascaded discontinuities in rectangular waveguide. 6th International Conference on advances in computing & communications, 2016, pp. 159–164.
2. C. Zhao, T. Kaufmann, Y. B. Zhu, and C. C. Lim, “Approximation Methods for Cylindrical Posts in Rectangular Waveguides with Mode Matching Technique” 2014 IEEE Asia - Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE), 2014, pp. 179–182.

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НОВОРОЖДЕННЫХ В ОТДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

Д.Т. АРИСТАНОВ

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

Аннотация. Данная работа направлена на создание беспроводной системы мониторинга состояния критически больных недоношенных детей. Для проектирования и создания устройства были задействованы методы системного и математического анализа, проектирования, программирования и эксперимента. Предложена функциональная схема устройства.

Ключевые слова: беспроводная передача, датчики, микроконтроллер, устройство.

Переход на новые технологии выхаживания глубоко недоношенных детей, родившихся с экстремально низкой (ЭНМт) и очень низкой массой тела (ОНМт), является одной из приоритетных задач, поставленных перед практическим здравоохранением Правительством Российской Федерации.

Критически больные недоношенные дети являются крошечными и очень уязвимы для внешних воздействий. Непрерывный мониторинг этих детей в отделении интенсивной терапии новорожденных (ОИТН) больницы имеет решающее значение для раннего выявления патологических процессов и возможных осложнений, и, следовательно, повышения выживаемости.

Традиционные системы мониторинга, как правило, не подходят для надежного, долгосрочного и комфортного мониторинга младенцев в реальных условиях жизни. Проблема таких систем мониторинга состоит в том, что размещение сенсоров на клею и наличие всех проводов приводят к дискомфорту и даже болевым раздражителям. Нарушения контакта сенсоров, нарушение сна и отсутствие естественного общения с родителями мешают нормальному росту и развитию детей.

В данной работе предлагается разработать системы мониторинга новорожденных в отделении интенсивной терапии с помощью технологии беспроводной передачи информации. Применение беспроводного метода может иметь несколько ключевых преимуществ по сравнению с текущей ситуацией. Предусмотрено минимизация количества проводов, чтобы уменьшить беспокойство у детей, и в то же время создает возможности для более легкой обработки и визуального наблюдения за младенцами медицинским персоналом, так как во время этих действий меньше физических препятствий. С точки зрения комфорта беспроводные технологии позволяют уменьшить тревожность контакта между детьми и их родителями. Это позволит улучшить естественный контакт между младенцами и их родителями как в инкубаторе, так и во время сеансов ухода за матерью, что в долгосрочной перспективе способствует его социальному и психическому росту ребенка. [1-3]

Таким образом, система беспроводного мониторинга состояния здоровья должна представлять собой инструмент, который будет обеспечивать раннюю индикацию изменения статуса пациента и позволяет проводить раннее вмешательство, но также является средством, с помощью которого можно регистрировать влияние вмешательств и методов лечения. Прототип беспроводной системы передачи смоделирован с использованием BlueSMiRF (беспроводной модуль) и Arduino pro mini (микроконтроллер). [4,5] Программное обеспечение разработано для правильной передачи данных, их обнаружения и отображения. Экспериментальная демонстрация показывает, что прототип системы успешно передает и принимает данные от нескольких датчиков (один датчик температуры и два светозависимых резистора) в диапазоне 20 м. Система спроектирована так, чтобы быть подходящей для интеграции в умную неонатальную куртку. Дальнейшие разработки будут продолжены для миниатюризации оборудования, улучшения функциональности программного обеспечения и проверки системы в клинической среде.[6,7]

Структурная схема, представленная на рис. 1, в широком смысле относится к микроконтроллеру, к которому подключены все нателные датчики новорожденного (встроенные в Smart Jacket). Сигналы от этих датчиков преобразуются в определенное цифровое значение, которое затем передается блоку первичной обработки данных, который беспроводным образом передает данные в непрерывном потоке на центральный процессор/монитор для обеспечения мониторинга состояния здоровья медицинским персоналом в режиме реального времени. Концепция предназначена для интеграции в концепцию Smart Jacket. Провода, встроенные в гнездо, собираются в центральный кластер и подключаются к беспроводному устройству. [8]



Рис. 1. Структурная схема устройства

После итеративного процесса проектирования планируется создать рабочий прототип, используя BlueSMiRF и Arduino pro mini вместе с программным обеспечением, чтобы продемонстрировать правильную передачу, обнаружение и отображение данных.

На рис.2 представлен алгоритм работы устройства. С помощью отдельно созданной функции считывания показаний датчика звука. Если уровень шума выше определённого значения, то начинается цикл, который выполняет снятие показаний со всех датчиков до тех пор, пока шум не закончится, либо не пройдет 15 секунд.

После выхода из цикла если шум продолжался более 14 секунд, выводится предупреждение об излишнем шуме. В ином случае происходит снятие показаний датчиков и их передача по Bluetooth соединению. Для получения точных и правильных данных с пульсометра берется сто последовательных значений пульсометра (находящихся в диапазоне от 60 до 140, либо 0 если значение не подходит) с разницей в пять

микросекунд. Далее они суммируются, и вычисляется количество правильных измерений (если значение пульса не 0). После чего, если значение правильных измерений больше 0 (чтобы избежать деления на ноль), находится частное суммы всех измерений на количество правильных. Измерение температуры производится с помощью терморезисторов (для точности используется три терморезистора). [4]

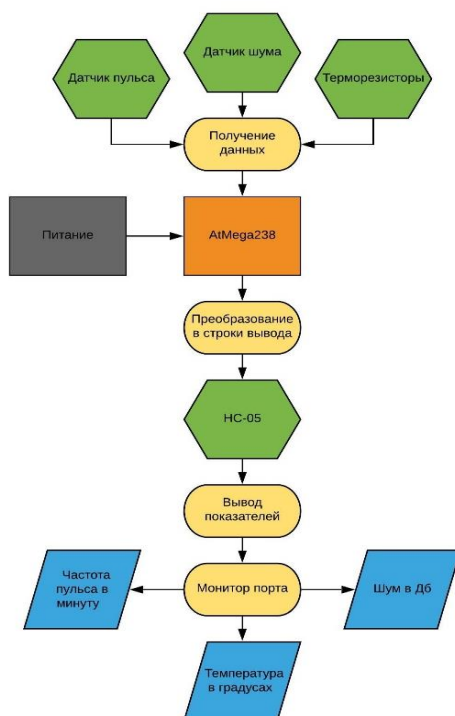


Рис.2. Алгоритм работы устройства

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

Для решения сформулированной проблемы необходимо создание системы беспроводной передачи информации для мониторинга новорожденных в отделении интенсивной терапии, который бы отвечал требованиям точности, стерильности, бесперебойно обрабатывал и передавал информацию на дисплей врача. Экспериментальные результаты показывают, что прототип системы успешно передает и получает данные от нескольких датчиков в диапазоне 20 метров. Дальнейшие разработки включают миниатюрную маломощную антенну и беспроводной модуль, помехоустойчивую конструкцию, улучшения функциональности программного обеспечения и клиническую проверку.

Список литературы

1. Monitor-
ing in the Intensive Care // URL: https://www.researchgate.net/publication/230834741_Monitoring_in_the_Intensive_Care/
2. Intensive Care Unit Equipment// URL: <https://www.encyclopedia.com/medicine/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/intensive-care-unit-equipment-1/>
3. Patient Monitors in Critical Care: Lessons for Improvement // URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK43684/>
4. Улли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino. М.: СПб.: Нева, 2012. – 487 с.
5. Жеребцов И.П. Основы электроники. М.: Энергоатомиздат, 1989. 357 с.
6. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. М.: Республика, 2010. 320 с.
7. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. М.: СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТИТРАТОРА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М.С. БЕЛОВА, Д.С. ШЕВЧЕНКО

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

Аннотация. Разрабатываемый автоматический титратор медицинского назначения предназначен для использования в условиях мобильной медицины и фельдшерско-акушерских пунктов. Данный аппаратный комплекс разработан для автоматизации процессов приготовления изотонических растворов для внутривенного вливания и других растворов медицинского назначения. Разработка предполагает усовершенствование существующих моделей устройств, предназначенных для приготовления растворов, и проработку характеристик, необходимых для автоматизации процесса приготовления растворов.

Ключевые слова: автоматический титратор, растворы медицинского назначения, программный модуль управляющего микроконтроллера, принципиальная схема автоматического титратора

В 2017 году Правительство Российской Федерации утвердило государственную программу «Развитие здравоохранения», в которой сформулированы основные приоритеты развития отрасли [1]. Реализуемая концепция современного здравоохранения предполагает повысить качество оказываемых медицинских услуг путем увеличения количества фельдшерско-акушерских пунктов [2]. Планируемые фельдшерско-акушерские пункты требуют технического обеспечения, которое могло бы обеспечить фельдшеру простоту в управлении, модульность, автоматическое решение некоторых задач, лежащих на медицинском персонале.

Одним из возможных направлений разработок в сфере медицинской техники является создание усовершенствованного автоматического титратора, который бы мог снизить нагрузку на медицинский персонал, повысить точность и качество предоставляемой услуги. Разрабатываемый аппаратный комплекс предназначен для автоматизации процесса приготовления физиологических растворов с заданной концентрацией для внутривенного вливания, а также других растворов медицинского назначения.

Разработка и реализация автоматического титратора медицинского назначения является решением частной задачи, сформулированной в государственной программе. Благодаря низкой себестоимости, в отличие от моделей автоматических титраторов, представленных на современном рынке, разрабатываемый аппаратный комплекс может обеспечить повышение технического оснащения фельдшерско-акушерских пунктов, мобильных госпиталей на территории Российской Федерации, а также в качестве технического оснащения медицинских гуманитарных операциях, производимых Всемирной Организацией Здравоохранения.

На современном рынке не представлены компактные аппараты, предназначенные для приготовления инфузионных растворов, которые можно было бы использовать в стационарных условиях медицинских учреждений. На данный момент нет аппаратного комплекса для решения частных задач в виде приготовления раствора определенной концентрации с учетом индивидуальных потребностей пациента.

Физиологический раствор с 0,9% содержанием NaCl используется в качестве жидкости для внутривенного вливания при необходимости лечения обезвоживания или при кровопотере. Согласно исследованиям 2012 года, врачами Массачусетской больницы было установлено, что данный физиологический раствор может пагубно влиять на организм пациента. Ученые выяснили, что у пациентов с внутривенным вливанием физраствора 0,9% смертность была выше на 2,7%, чем у пациентов, получающих физраствор иного состава. Избыток хлорида может приводить к почечной недостаточности и нарушать биохимические процессы [3]. В результате возникает необходимость приготовления физиологических растворов с нестандартной концентрацией, которые не производятся в промышленном масштабе или меньше представлены на рынке.

Согласно сравнительному анализу рынков инфузионных растворов, наиболее распространенные по продажам и производству являются хлорид натрия, растворы глюкозы и альбумин. Напротив, растворы стабизол 6%, раствор Рингера, Ацесоль занимают последние строчки рейтинга по продажам и меньше всего представлены на рынке. Разрабатываемый прибор позволит готовить данные растворы в условиях стационара при их дефиците на рынке [4].

Разрабатываемый аппарат предполагает реализацию метода приготовления изотонических растворов, при котором все исходные компоненты находятся в разбавленном состоянии. Разрабатываемый автоматический дозатор планируется использовать в медицинских целях для приготовления физиологических растворов заданной концентрации. Автоматизм процедуры и легкость в управлении необходимы для снижения нагрузки на медицинский персонал.

Опираясь на существующие разработки, учтены их достоинства и предложены пути по модернизации и усовершенствованию.

В разрабатываемом устройстве будет реализован метод параллельного титрования, при котором за один цикл работы будет возможность приготовить до 3 растворов заданной концентрации.

Разрабатываемый аппарат характеризуется важным свойством для современных устройств – модульностью. Благодаря этому, будет возможность увеличивать как количество как исходных компонентов, так и объемы растворов с условием перепрошивки программного модуля. Крепления для исходных емкостей могут по принципу конструктора дополнять базовую комплектацию дозатора, при этом необходима перепрошивка управляющего элемента, в результате появляется возможность смешивать более 3 исходных растворов.

В отличие от современных аппаратных средств, разрабатываемое устройство предполагает возможность изменения объема емкостей для будущих растворов. Эта особенность позволит использовать прибор для приготовления растворов объемами 400, 200 и 50 мл. Модульность устройства обеспечивается за счет съемных модулей-креплений для емкости смешиваемого раствора, благодаря чему медицинский работник может приготавливать растворы разных объемов.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема разрабатываемого автоматического титратора медицинского назначения.

В качестве управляющего средства в составе разрабатываемого аппарата выступает микроконтроллер ATmega2560. Характеристики современных микроконтроллеров

позволяют проектировать сложные устройства, которые одновременно выполняют ряд действий, согласованных между собой.

Для управления устройством предполагается использовать сенсорный жидкокристаллический дисплей на базе чипа ILI9341. Дисплей позволяет отображать текст и графические элементы, такие как иконки, картинки, графика и кадры анимации. В разрабатываемом устройстве дисплей используется в качестве средства отображения и ввода информации.

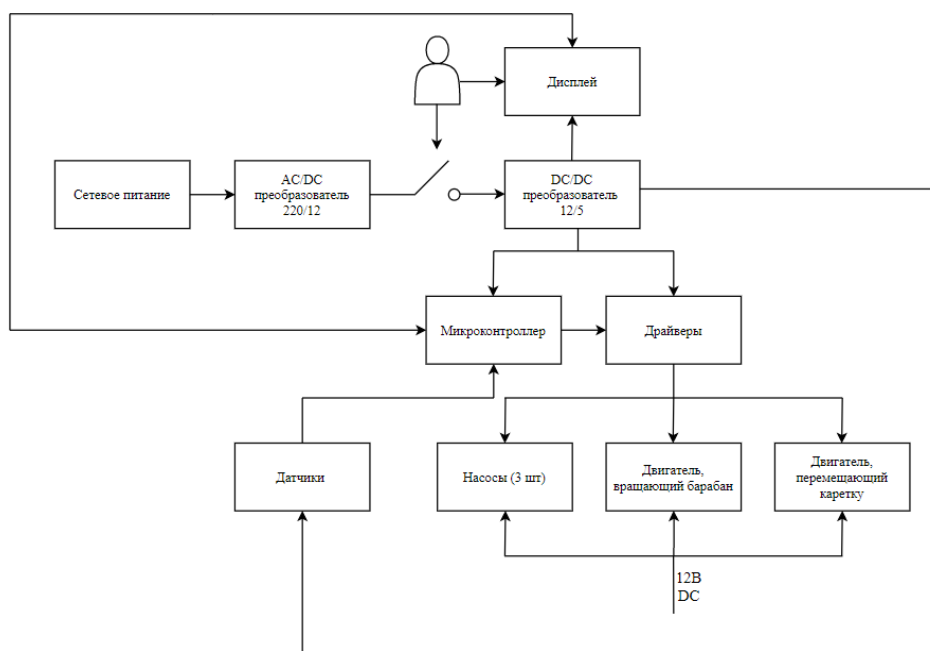


Рис.1 Структурная схема автоматического титратора медицинского назначения

Для обеспечения вращения барабана и движения каретки используются шаговые двигатели 28BYJ-48. Для подключения двигателя к платформе используется драйвер шагового мотора L293. Она обеспечивает контроль и управление работой шаговых двигателей для автоматизированных систем. Микрошаговый драйвер, такой как L293 позволяет увеличить разрешение за счёт возможности управления промежуточными шагами. Это достигается путём возбуждения обмоток средней величины тока. Благодаря этому можно настроить движение элементов устройства с высокой точностью.

Для обеспечения подачи жидкостей для смешивания используются перистальтические насосы Grothen DC G328. Питание насоса осуществляется от постоянного источника питания 12В, мощность насоса 7.5Вт.

Они представляют собой дозирующие перистальтические жидкостные насосы. Благодаря своей конструкции данный насос легко чистить и обслуживать, что важно для аппаратов медицинского назначения, требующих стерильности и периодического очищения. Данные насосы легко заменить в случае прихода в негодность как целиком, так и отдельные его части вроде шланга. Управление работой насоса осуществляет микроконтроллерное устройство при помощи логических сигналов. В случае прихода логического сигнала высокого уровня насос активен и работает, а случае сигнала низкого уровня насос прекращает прокачивание жидкости.

Для контроля параметров смешиваемых растворов предполагается использование трех видов датчиков. Использование датчика температуры позволит контролировать температуру смешивания. Которая должна соответствовать нормальным условиям. Повышение температуры выше порогового значения может вызвать протекание нежелательной химической реакции между компонентами. Датчик кислотности позволит автоматизировать процесс контроля приготовленного раствора, заменив при этом функцию провизора-аналитика.

Разрабатываемый прибор предполагает использование датчика оптической плотности, собранного на светодиоде и фотодиоде широкого спектра. При помощи откалиброванного датчика оптической плотности предполагается измерять в режиме реального времени концентрацию полученного раствора и выводить ее на экран пользователя для дополнительного контроля.

Программный модуль для разрабатываемого устройства представляет собой программу для управляющего микроконтроллера, которая выполняет ряд задач.

Первая задача состоит в управлении работой сенсорного экрана, чтение вводимых данных и отображение данных, полученных от датчиков.

Вторая задача состоит в управлении механическими элементами, предусмотренными в структуре устройства: перистальтическими насосами и двигателями, приводящими в движение барабан со смешиваемыми жидкостями и каретку с устройством для подачи жидкости. Работа этих элементов должна быть согласована, начало работы насосов осуществляется только после окончания работы двигателя по вращению барабана и двигателя, опускающего каретку в горлышко емкости.

Третья задача, решаемая при разработке программного модуля, состоит в приеме, обработке и отображении информации, поступающей с датчиков. Используемый температурный датчик на выходе имеет цифровой сигнал, поэтому программное обеспечение необходимо только для интерпретации и вывода информации. С датчик кислотности и оптической плотности на микроконтроллер поступает аналоговый сигнал, поэтому в программном модуле должна быть предусмотрена оцифровка аналогового сигнала, его интерпретация в привычный пользователю вид, а также вывод полученных данных на дисплей.

Разрабатываемый автоматический титратор позволит автоматизировать процесс приготовления растворов медицинского назначения в условиях больничных аптек и других медицинских учреждений. Благодаря своей модульности и компактности он может получить распространение в медицине для нужд гуманитарных операций ВОЗ и Министерства обороны РФ.

Список литературы

1. О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие здравоохранения»: постановление Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 380 // Министерство здравоохранения. 2019.
2. Уточненный годовой отчет за 2018 год о ходе реализации пилотной государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» и об оценке ее эффективности: Отчеты по государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения» // Министерство здравоохранения. 2018.
3. Why Did Sterile Salt Water Become The IV Fluid of Choice? // NPR. URL: <https://www.npr.org/sections/health-shots/2018/03/31/597666140/why-did-sterile-salt-water-become-the-iv-fluid-of-choice> (дата обращения: 27.03.2020).
4. Трофимова Е. Сравнительный анализ рынков инфузионных растворов России, Беларуси, Украины и Казахстана // Ремедиум. 2008, вып. (№) 11. С. 38–41.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАДИИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

В.С. БЕЛОУСОВА

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

Аннотация. В данной работе исследована зависимость параметров глазного яблока от стадии первичной открытоугольной глаукомы. Проведена идентификация значимых для постановки диагноза показателей с помощью дискриминантного анализа. Разработано приложение, определяющее стадию заболевания по значимым показателям.

Ключевые слова: глаукома, методы математической статистики, диагностика

Одним из важнейших каналов получения информации человеком является зрение. Как следствие, любые нарушения зрительного восприятия вызывают дискомфорт в повседневной жизни, а запущенные случаи – к инвалидности. Это говорит о большой значимости своевременной диагностики зрения для выявления опасных заболеваний, таких как катаракта, глаукома и отслойка сетчатки. Глаукома – группа глазных заболеваний, характеризующаяся повышением внутриглазного давления с последующим развитием типичных дефектов поля зрения, снижением остроты зрения и атрофией зрительного нерва [1]. Распознать глаукому на первых этапах бывает затруднительно, так как человек не замечает первых признаков надвигающегося заболевания.

Широкий диапазон решаемых задач требует постоянного совершенствования инструментов обработки данных и диагностики наличия проблем у пациентов. Одним из главных направлений является разработка приложений, помогающих специалистам точнее устанавливать диагноз, и, следовательно, назначать наиболее подходящее лечение. Однако сложность заключается в том, что разные исследователи используют разные методы для обследования пациентов, поэтому при постановке диагноза учитываются результаты независимо друг от друга, а не в совокупности [3]. Поэтому **актуальным** становится вопрос восстановления полноценной картины заболевания и определения его стадии по объединенному набору показателей.

Цель данной работы заключалась в разработке системы, определяющей стадию глаукомы по параметрам, полученным в ходе обследования. Для достижения цели были поставлены две задачи.

1. Исследовать различия между группами пациентов с помощью дискриминантного анализа и выяснить, существует ли зависимость параметров между стадиями болезни.
2. На основе полученных результатов построить алгоритм достоверного отнесения больного по набору представленных показателей к той или иной группе с ПОУГ.

В данной работе используются медицинские данные, представленные практикующими врачами из ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России. В материалах исследования содержались данные о 110 глазах, среди которых 41 глаз – без патологии, 21 глаз – с I стадией глаукомы, 31 глаз – со II стадией, и 17 глаз с III стадией заболевания. В исследование включались пациенты только с первичной открыто-

угольной глаукомой (ПОУГ) [2]. Данные были получены с помощью различных аппаратов для определения состояния глаза пациента.

Поскольку стояла задача определения стадии заболевания, а эти стадии заранее известны, то для этой задачи классификации было необходимо использовать дискриминантный анализ. Для выполнения данной задачи был использован пакет программ IBM SPSS Statistics 23.0.

Для улучшения качества классификации был выбран не метод принудительного включения, а пошаговый анализ. Результатами по шагам являются значимые параметры, указанные на рисунке 1. Обозначения: E – коэффициент ригидности, глРП – глубина ретикулярной пластины склеры, DVL – плотность глубокого сосудистого сплетения, PSD – среднее отклонение от образца, т.е. нечувствительность полей зрения относительно нормального глаза. Из 22 исходных переменных оказались значимыми для классификации по группам только четыре.

Переменные для анализа				
Шаг		Допуск	F для удаления	Лямбда Уилкса
1	E	1,000	42,654	
2	E	,951	41,533	,718
	глРП	,951	13,321	,453
3	E	,886	46,229	,622
	глРП	,950	10,701	,349
	DVL	,931	7,992	,328
4	E	,885	35,671	,476
	глРП	,949	9,777	,300
	DVL	,900	6,221	,276
	PSD	,966	4,898	,267

Рис. 1. Результаты пошагового отбора

Коэффициент канонической корреляции позволяет оценить полезность дискриминантной функции. Чем он ближе к единице, тем более подходящей будет дискриминантная функция для разделения на группы. В данном случае лучшая дискриминантная функция была первая, и ее коэффициент равен 0,86. Значимость каждой функции также оценивается критерием лямбда Уилкса. При уровне значимости меньше 0,05 подтверждается, что функция значима и может быть использована для предсказания принадлежности к группе. Это подтверждение также было получено.

Затем были построены классифицирующие функции, коэффициенты которых представлены на рисунке 2.

Коэффициенты функции классификации				
	стадия			
	,00	1,00	2,00	3,00
глРП	,116	,128	,140	,159
E	298,211	413,157	658,179	1141,698
DVL	2,581	2,409	2,284	2,095
PSD	1,553	1,401	1,647	2,365
(Константа)	-86,365	-84,971	-89,941	-106,614

Рис.2. Коэффициенты классифицирующих функций

Каждая группа-стадия имеет свою классифицирующую функцию – набор коэффициентов, на которые умножаются значения соответствующих признаков. Произведения суммируются, и объект должен быть отнесен к той группе, для которой эта сумма больше.

Функции имеют вид: $f = x_1k_1 + x_2k_2 + \dots + x_nk_n + c$, где x_k – значение k -ого признака объекта, k_i – коэффициенты для k -ого признака, c – константа.

С помощью построенных функций удалось правильно спрогнозировать 74,5% из имеющихся наблюдений.

После этапа проведения дискриминантного анализа и построения классифицирующих функций было реализовано приложение на языке C# с пользовательским интерфейсом для прогнозирования стадий у пациентов.

В основу классификации приложения положены полученные классифицирующие функции для каждой стадии глаукомы. Программа принимает на вход значения влияющих факторов, соответствующих группе пациента, а на выходе выдает стадию, к которой был отнесен данный пациент. Также есть возможность экспорта полученного результата с указанием ФИО и даты рождения пациента.

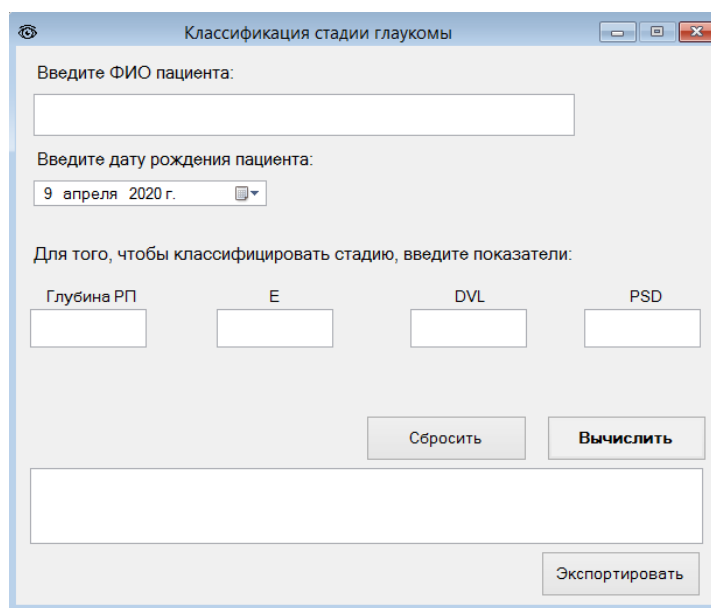


Рис.3.Скриншот стартового окна приложения

Получены следующие **результаты**:

1. Исследованы различия между группами пациентов с помощью дискриминантного анализа и обнаружена зависимость параметров между стадиями болезни.
2. Реализована система, которая соотносит набор показателей со стадией заболевания.

Список литературы

1. Егоров Е. А. Астахов Ю. С. Щуко А. Г. Национальное руководство по глаукоме (путеводитель) для поликлинических врачей. —Москва, 2008.
2. Нестеров, А.П. Классификация глаукомы / А.П. Нестеров, Е.А. Егоров // Клиническая офтальмология. - 2001. - № 2. - С. 35.
3. Клейман А. П и. др. Значение транспальпебральной реоофтальмографии как нового метода ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы // Медицинский вестник Башкортостана. —2016. — Vol. 11, no. 1(61).14

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОСПРИЯТИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А.Е. ГАПАНЕНОК

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

Аннотация. В настоящее время необходимо внедрить инклюзивное образование в высших учебных заведениях и других учебных заведениях, поскольку люди, независимо от их физических, умственных, интеллектуальных, культурных, этнических, языковых и других характеристик, должны быть включены в общую систему образования с возможностью получать образование вместе со своими сверстниками. Это позволит таким людям получить полное образование, почувствовать уверенность в себе, получить необходимое общение со своими сверстниками, это также поможет обществу понять проблемы инвалидности, развить отзывчивость и понимание для детей с ограниченными возможностями, а также детей с ограниченными возможностями для адаптации и интегрироваться в общество. Этот доклад будет посвящен людям с нарушениями слуха. Для таких людей инклюзивное образование невозможно без введения слухового аппарата.

Ключевые слова: инклюзивное образование; слуховые аппараты; слух; нарушения слуха; индивидуальные особенности слухового восприятия

Введение

В настоящее время необходимо внедрение в ВУЗы и другие учебные учреждения инклюзивного образования так, как люди независимо от их физических, психических, интеллектуальных, культурно-этнических, языковых и иных особенностей должны быть включены в общую систему образования, с возможностью получать образование вместе со своими сверстниками. Это даст таким людям полноценно участвовать в процессе обучения, почувствовать уверенность в себе, получить необходимое общение со сверстниками, также поможет обществу понять проблемы инвалидности, воспитать отзывчивость и понимание к детям с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), а детям с ОВЗ адаптироваться и интегрироваться в общество.

Одним из наиболее часто встречающихся в настоящее время видов функциональных нарушений состояния организма людей (в том числе и в молодом возрасте) является нарушение слуха, имеющее врожденный характер или обусловленное воздействием на человеческий организм значительного количества различных негативных внешних факторов.

Альтернатива слуховым аппаратам

Как правило, человек теряет слух постепенно. Сначала «исчезают» наиболее тихие, невыразительные звуки и тончайшие нюансы. Из-за этого человеку сложно самому констатировать изменение способности слышать. Довольно часто на незначительное ухудшение слуха люди стараются не обращать внимание, пока из диапазона слышимых звуков не начнут исчезать действительно важные для повседневной жизни, например, плач ребенка или звук подъезжающей машины.

Слуховой аппарат — это устройство, которое позволяет людям с нарушениями слуха их минимизировать и улучшить уровень слуха.

Одной из психологических особенностей поведения студентов с ограниченными возможностями здоровья по слуху часто является их нежелание демонстрировать данный

факт окружающим и не использовать имеющиеся в их распоряжении индивидуальные средства восстановления слуха при проведении учебных занятий. Особенно ярко это может проявляться именно при работе в коллективе (учебной группе). Поскольку слуховые аппараты являются персональными техническими приборами, требующими соответствующего гигиенического ухода, простое хранение в учебных аудиториях и лабораториях запасных устройств не решает данную проблему.

С нашей точки зрения проблема обеспечения качественного обучения студентов, обладающих подобными ограничениями восприятия информации, может быть решена путем разработки и внедрения в учебный процесс специализированных автоматизированных систем, позволяющих регистрировать речь преподавателя, преобразовывать полученный сигнал в соответствии с особенностями восприятия конкретного обучающегося и доставлять полученные звуковые колебания непосредственно обучающемуся (например по беспроводному каналу) на специализированное индивидуальное средство воспроизведения звука. В качестве последнего целесообразно использовать по возможности простые и дешевые технические устройства, не требующие сложного ухода, но способные обеспечивать требуемые технические параметры.

Правильной, удобной, а самое главное эстетичной заменой слуховым аппаратам могут стать наушники костной проводимости, которые можно подстроить под индивидуальные слуховые особенности носителя.

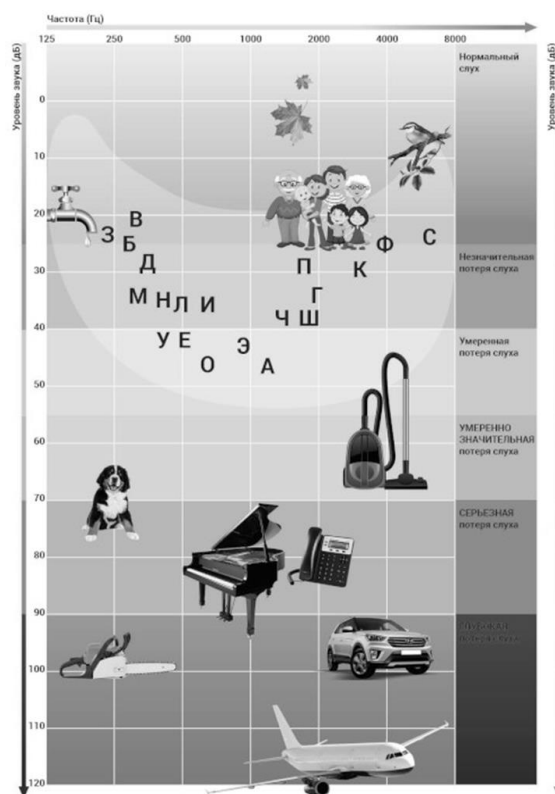


Рис.1 Распределение энергии по частотному диапазону, соответствующее звукам речи

Для того чтобы костные наушники можно было подстроить под индивидуальные особенности нужно понимать, как человек слышит ту или иную букву алфавита и слышит ли вообще, для этого нужно понимать некоторые акустические особенности русского языка. Один из распространенных способов описания речи заключается в представлении ее в виде сигнала, т.е. акустического колебания. Речевое общение начинается с того, что в мозге

человека возникает в абстрактной форме некоторое сообщение. В процессе речеобразования это сообщение преобразуется в акустическое речевое колебание. Информация, содержащаяся в сообщении, представлена в акустическом колебании весьма сложным образом. Сообщение сначала преобразуется в последовательности нервных импульсов, управляющих артикуляционным аппаратом человека. Под воздействием нервных импульсов артикуляционный аппарат приходит в движение, результатом которого является акустическое речевое колебание, несущее информацию об исходном сообщении. Знание механизма речеобразования играет важную роль для понимания методов обработки речи. Каждому звуку речи соответствует свое распределение энергии по частотному диапазону (Рис.1).

Принцип работы наушников костной проводимости довольно прост. Звук во внутреннее ухо может попадать как через ушной канал, так и через височную кость. Причем через височную кость низкие частоты идут даже лучше, чем по воздуху. На этом и построен принцип наушников костной проводимости: они прижимаются к височной кости и передают звук через нее (Рис.3).



Рис.3 Принцип работы наушников костной проводимости



Рис.4 Внутреннее строение наушников костной проводимости

Костная проводимость отличается от воздушной проводимости тем, что она передаёт звуковые колебания не через воздушную среду, а при помощи контактного вибрационного воздействия на кость.

При использовании данного типа наушников, сохраняется возможность слышать окружающую среду, что полезно как в помещении, так и на улице.

Одним из первых шагов при создании подобной автоматизированной (в идеальном случае многоканальной) системы передачи речи является разработка диагностического модуля, позволяющего подробно изучить тонкие особенности восприятия речи преподавателя студентом с ОВЗ. Как видно из информации, представленной на рисунке 1, стандартная аудиометрия не может полностью решить данную проблему, поскольку исследования целесообразно проводить на расширенном диапазоне частот звуковых колебаний и с учетом характеристик применяемых наушников костной проводимости.

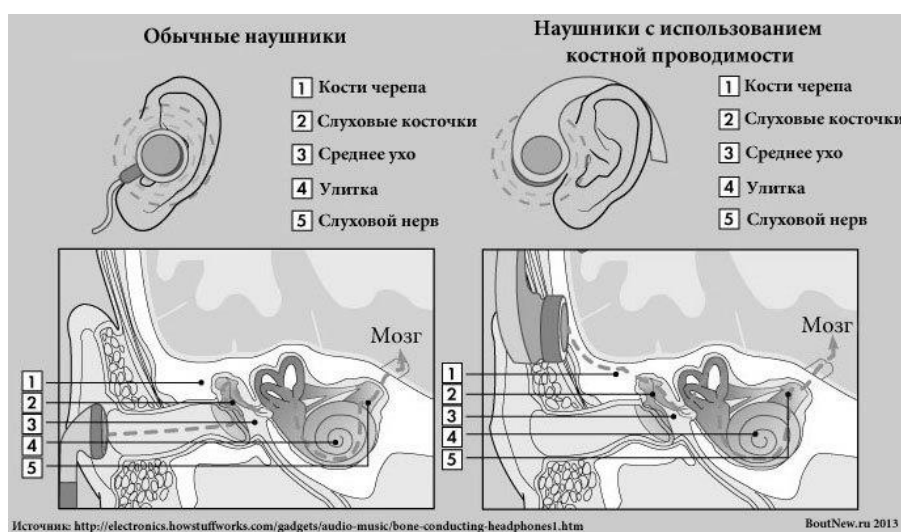


Рис.5 Отличие обычных наушников от наушников с костной проводимостью

Таким образом частной целью является разработка компьютерной аудиометрической системы, способной осуществлять анализ костной проводимости испытуемого на свободном наборе частот, соответствующих звукам речи в пределах от 125 Гц до 8 кГц. Данный шаг необходим, поскольку нарушение слухового восприятия может осуществляться не равномерно (сразу одинаково во всем частотном диапазоне), а постепенно, когда, например, человек начинает хуже воспринимать шипящие звуки, в то время как восприятие гласных остается неизменным.

Выводы

Разработка подобного автоматизированного комплекса регистрации, индивидуального преобразования и многоканального (в случае, когда в группе обучающихся находится несколько человек с ОВЗ по слуху, каждый из которых имеет свои индивидуальные особенности восприятия информации) воспроизведения звуковых колебаний позволит более эффективным способом организовать процесс инклюзивного обучения для студентов с ОВЗ по слуху.

Список литературы

1. <https://www.akademia-sluha.ru/info/slukhovoy-apparat-ili-usilitel-slukha-delaem-pravilnyy-vybor/> Академия слуха (Федеральная сеть центров слухопротезирования)/Слуховые аппараты “Аурика” настроены на русскую речь!
2. <https://www.ixbt.com/live/digs/chto-takoe-naushniki-na-osnove-kostnoy-provodimosti-zvuka-kak-rabotaet-kostnaya-provodimost-zvuka-na-primere-naushnikov-aftershokz.html> Наушники на основе костной проводимости звука - как это работает? А также обзор линейки таких наушников Aftershokz.
3. <https://rumc.mininuniver.ru/direction/education> Ресурсный учебно-методический центр по обучению инвалидов и лиц с ОВЗ.

АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ПОДВИЖНОСТИ ПЛОДА

О.Н. КАПРАНОВА, Ю.О. БОБРОВА

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

Аннотация. Рассмотрены основные типы датчиков для пассивной регистрации фетальной активности. Приведены технические характеристики и проанализированы преимущества и недостатки датчиков для мониторинга двигательной активности. Предложено обоснование использования акселерометров для регистрации данных фетальной активности.

Ключевые слова: фетальная активность, пассивная регистрация, резистивные датчики давления, акселерометр

Мониторинг **состояния здоровья** плода на всем протяжении его развития позволяет выявлять возникающие осложнения на ранних стадиях их проявлений и предупреждает развитие необратимых повреждения. Один из способов контроля состояния и развития плода – мониторинг его двигательной активности.

Фетальная активность является важным биологическим показателем для оценки состояния плода. Движения возникают в результате функционирования нервной системы. Поэтому изменения паттернов фетальной активности (значительное увеличение или уменьшение количества движений) могут свидетельствовать об ухудшении состояния плода. Сокращение активности связывают с проявлениями серьезных патологий – пороки развития головного мозга, внутриутробная гипоксия, патологии плаценты.

Передняя брюшная стенка достаточно тонкая, поэтому при воздействии плода на нее с достаточной силой, движение может быть обнаружено на поверхности живота. Существует целый ряд различных типов датчиков, которые можно использовать для обнаружения таких движений. Это тензодатчики, пьезоэлектрические датчики, акселерометры, индуктивные, емкостные и акустические, которые закрепляются на поверхности живота пациентки.

В настоящее время не существует однозначного подхода для пассивного исследования фетальной активности. Отсутствуют стандартизированные методики, устанавливающих типы применяемых датчиков, их количество, места расположения и способы закрепления сенсоров на теле пациентки. В данной работе будут рассмотрены основные типы и технические характеристики датчиков, которые могут быть использованы для регистрации сигнала фетальной активности. А именно, резистивные датчики давления, аналоговые и цифровые акселерометры, акустический датчик.

Резистивные датчики давления (Force Sensitive Resistors (FSRs)) при контроле двигательной активности плода позволяют определять силу, с которой он воздействовал на брюшную стенку. Датчик состоит из двух слоев, которые разделены специальной прокладкой. Чем больше значение приложенной силы, тем лучше контакт между активным элементом и полупроводником, что приводит к уменьшению сопротивления. В зависимости от величины зарегистрированного сигнала можно оценить функциональное развитие плода и определить его состояние.

Рассмотрим резистивные датчики давления Interlink Electronics FSR402 [1] и The Ohmite FSR01CE [2] (таблица 1).

Таблица 1

Технические характеристики резистивных датчиков давления

Показатель	FSR402	FSR01CE
	Значение	
Диапазон измеряемой величины	От 0.1 Н до 10 Н	От 20 г до 5 кг
Тип выходного сигнала	Аналоговый	Аналоговый
Повторяемость показаний	±98 %	±98 %
Разброс показаний для одинаковых датчиков	±6 %	±4 %
Сопротивление без нагрузки	10 МОм	10 МОм
Рабочая температура	-30 – +70 °С	-20 – +85 °С
Износостойкость	До 10 миллионов нажатий	До 10 миллионов нажатий
Гистерезис	+10 %	5 %
Долгосрочный дрейф при 1кг	< 5% log10(t)	< 2% log10(t)
Чувствительная область	Ø 14,68 мм	39,70×39,70 мм
Размеры	Ø 18,3×56,3×0,46 мм	83,09×43,69×0,375 мм

Большинство резистивных датчиков давления имеют либо круглую (FSR402), либо квадратную (FSR01CE) зону сканирования. Квадратные датчики обычно используются, если необходимо сканирование большой зоны.

Преимущества FSR – низкая стоимость, маленькие габариты, надежность (до 10 миллионов срабатываний), удобство установки. Они имеют маленькую чувствительность к сигналам, источником которых является мать. Это обусловлено конструкцией сенсора – срабатывание датчика происходит только при воздействии непосредственно на чувствительную область. Именно поэтому для эффективной работы системы регистрации фетальной активности необходимо большое количество резистивных датчиков давления, что делает систему громоздкой и менее удобной.

Для мониторинга состояния плода могут использоваться **акселерометры**. При контакте с материнской брюшной стенкой движения плода вызывают вибрации, которые могут быть зафиксированы с помощью одного или нескольких акселерометров, расположенных на поверхности живота.

Рассмотрим 3-х осевые аналоговые акселерометры ADXL337 от компании Analog Devices [3] и цифровой акселерометр, входящий в состав интегрированного шестиосевого сенсора движений MPU-6000 [4] (таблица 2).

В этих акселерометрах используются отдельные инерционные массы для каждой оси. Ускорение вдоль определенной оси вызывает смещение на соответствующей инерционной массе, а емкостные датчики определяют смещение. В сенсоре MPU-6000, сигналы, полученные по трем осям акселерометра, оцифровываются тремя отдельными 16-ти битными сигма-дельта АЦП.

Акселерометры характеризуются высокой чувствительностью, прочностью, малыми размерами. Они обладают низким энергопотреблением, просты в использовании, безопасны, могут использоваться в условиях длительного мониторинга в домашних условиях, что позволит получать объективную оценку состояния плода.

Таблица 2

Технические характеристики акселерометров

Показатель	ADXL337	Акселерометр в MPU-6000
	Значение	
Тип выходного сигнала	Аналоговый	Цифровой
Рабочие диапазоны акселерометра	$\pm 3g$	$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16 g$
Чувствительность акселерометра	300 мВ/г	16834, 8192, 4096, 2048 LSB/g
Изменение чувствительности в диапазоне рабочих температур	$\pm 0,01 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,02 \text{ }^\circ\text{C}$
Диапазон рабочих температур	$-40 - +85 \text{ }^\circ\text{C}$	$-40^\circ\text{C} - +85^\circ\text{C}$
Потребляемый ток	300 мкА	500 мкА
Нелинейность	$\pm 0,3 \%$	0,5 %
Чувствительность между осями	$\pm 1 \%$	$\pm 2 \%$
Нулевой уровень	для осей X и Y 1,5 В для оси Z 1,5 В	для осей X и Y $\pm 50 \text{ mg}$ для оси Z $\pm 80 \text{ mg}$
Изменение нулевого уровня в зависимости от температуры	для осей X и Y $\pm 1,1 \text{ mg}/^\circ\text{C}$ для оси Z $\pm 1,6 \text{ mg}/^\circ\text{C}$	для осей X и Y $\pm 35 \text{ mg}$ для оси Z $\pm 60 \text{ mg}$
СПМ шума	для осей X и Y 175 мкг/ $\sqrt{\text{Гц}}$ для оси Z 300 мкг/ $\sqrt{\text{Гц}}$	для диапазона $\pm 2 g$ 400 мкг/ $\sqrt{\text{Гц}}$
Ширина полосы сигнала	для осей X и Y 0,5 – 1600 Гц для оси Z 0,5 – 550 Гц	4 – 1000 Гц
Устойчивость к ударным нагрузкам	10000 g	10000 g
Напряжение питания	1,8 – 3,6 В	2,375 – 3,46 В
Размер корпуса	3×3×1,45 мм	4×4×0,9 мм

Акселерометры более чувствительные, чем датчики FSR, для срабатывания которых необходимо воздействие на их чувствительную область. Это позволяет сократить количество датчиков, необходимых для проведения исследования. Высокая чувствительность акселерометров позволяет зафиксировать даже слабые движения плода. Однако они также подвержены большему влиянию помех, создаваемых материнскими движениями. Существующие алгоритмы обработки позволяют добиться определения движений до 96,6% [5]. Такие системы объективны и имеют потенциал использоваться в клинической практике.

Для регистрации фетальной активности могут применяться **акустические сенсоры**. Использование такой системы обосновано тем, что акустические сигналы являются ценными для наблюдения за плодом, но они тяжело различимы из-за материнского шума и шума окружающей среды. Например, может использоваться микрофон СМ-01В [6].

В таблице 3 приведены диапазоны измерений и чувствительности рассмотренных датчиков. Чувствительность резистивных датчиков давления зависит от номинала второго резистора, включенного в делитель напряжения. Чувствительности контактного микрофона недостаточно для регистрации слабых, медленных движений плода.

Таблица 3

Сравнение рассмотренных датчиков

	FSR 402	FSR01CE	ADXL337	MPU-6000	СМ-01В
Тип выходного сигнала	Аналоговый	Аналоговый	Аналоговый	Цифровой	Аналоговый
Диапазон измерения параметра	0,1 – 10 Н	0,2 – 50 Н	$\pm 3 g$	$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16 g$	8 Гц – 2,2 кГц
Чувствительность	–	–	300 мВ/г	16834, 8192, 4096, 2048 LSB/g	40 В/мм

На основе приведенного обзора основных технических характеристик датчиков можно выбрать цифровой акселерометр MPU-6000 для регистрации данных фетальной активности. Он обладает небольшими размерами, не нуждается в использовании дополнительного блока АЦП, есть возможность настраивать рабочий диапазон, имеет низкое энергопотребление, обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов. Чувствительность такого акселерометра позволит регистрировать даже удаленные толчки. Также, в отличие от резистивных датчиков давления, для регистрации сигнала необходимо использование меньшего количества сенсоров.

На рисунке 1 приведен пример сигнала фетальной активности, который был зарегистрирован датчиком MPU-6000, и обозначены эпизоды фетальных движений.

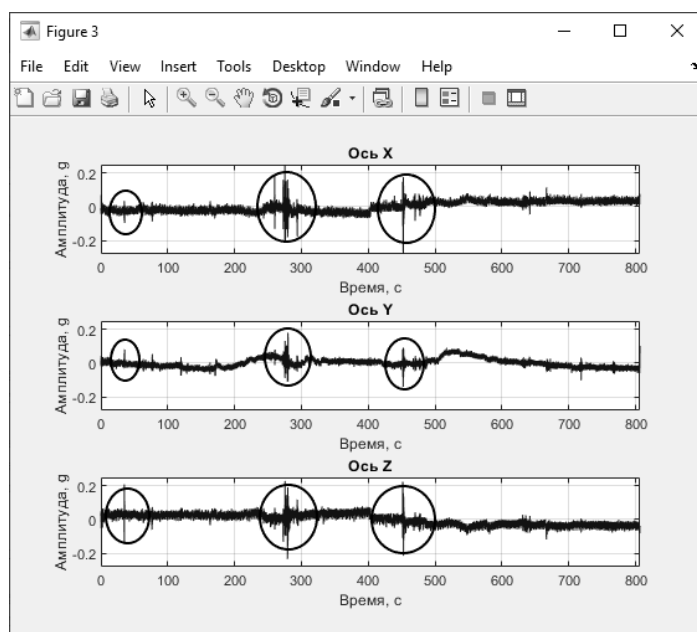


Рис. 1. Зарегистрированный сигнал

Эпизоды активности плода, имеющие вид пиков, отчетливо заметны на полученном сигнале. Таким образом, использование цифрового акселерометра, входящего в состав сенсора MPU-6000, позволяет зафиксировать вибрации, вызванные движениями плода.

Список литературы

1. FSR 400 Series Data Sheet // Interlink Electronics URL: <https://www.trossenrobotics.com/productdocs/2010-10-26-DataSheet-FSR402-Layout2.pdf> (дата обращения: 19.04.2020).
2. FSR01CE Data Sheet // Ohmite URL: https://www.ohmite.com/assets/docs/res_fsr.pdf (дата обращения: 11.04.2020).
3. ADXL337 DataSheet // Analog Devices URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL337.pdf> (дата обращения: 19.04.2020).
4. MPU-6000 DataSheet // InvenSense URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (дата обращения: 19.04.2020).
5. Non-invasive monitoring of fetal movements using time-frequency features of accelerometry / S. Layeghy, G. Azemi, P.B.Colditz, B. Boashash // ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2014. С. 4379–4383
6. CM-01B Contact Microphone DataSheet // TE Connectivity URL: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Tyco%20Electronics%20Power%20Systems/1007079-1_CM-01B_Model.pdf (дата обращения: 19.04.2020).

ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ И ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ

К. А. КРАМАРЬ

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

Аннотация. В данной работе исследуется возможность анализа variability сердечного ритма по данным фотоплетизмограммы. Были рассчитаны геометрические параметры ВСР по синхронным записям ЭКГ и ФПГ от двадцати пациентов. Для оценки согласованности полученных измерений использовался метод Блэнда-Алмана, который показал, что значения, полученные двумя методами, сильно взаимосвязаны.

Ключевые слова: фотоплетизмограмма, электрокардиограмма, variability сердечного ритма, метод Блэнда-Алмана

Введение

Болезни сердца и сосудов, называемые сердечно – сосудистыми заболеваниями (ССЗ), являются основной причиной смерти. По данным всемирной организации здравоохранения от ССЗ ежегодно умирает больше людей, чем от какого-либо другого заболевания. Обнадёживающим фактом является то, что большую часть ССЗ можно предотвратить. Одним из важных аспектов профилактики и предотвращения этих заболеваний является своевременное обнаружений патологий и лечебный контроль [1].

Одним из показателей, по которому можно контролировать состояние сердечно-сосудистой системы (ССС), является variability сердечного ритма (ВСР). Анализ ВСР представляет собой эффективный метод для оценки общего состояния организма. На его основе возможно делать выводы не только о состоянии ССС, но и оценивать взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов нервной системы.

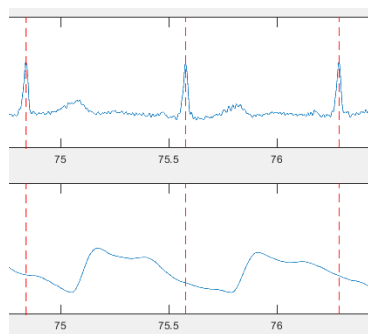


Рис. 1. Связь ЭКГ и ФПГ

В большинстве случаев анализ ВСР осуществляется по данным электрокардиограммы (ЭКГ). Однако, также можно оценить ВСР по данным фотоплетизмограммы (ФПГ), так как при нормальном ритме существует однозначная зависимость между пиком (R-зубцом) ЭКГ и пиком ФПГ (рис. 1). На рис.1 вертикальными пунктирными линиями изображено положение R-зубца на ЭКГ. Из графиков видно, что пик пульсовой волны на ФПГ

появляется через доли секунд после возникновения пика на ЭКГ. Таким образом, расстояние между двумя соседними пиками на ФПГ является аналогом RR-интервала.

Необходимость использования данных ФПГ вместо ЭКГ объясняется тем, что при проведении ряда физиотерапевтических процедур снятие ЭКГ либо затруднено, либо амплитуда полезного сигнала становится неразличимой на фоне наводимых помех. Также процесс снятия фотоплетизмограммы значительно проще, чем электрокардиограммы, и может быть проведен даже неподготовленными пользователями.

Метод и результаты

В работе изучается возможность анализа variability сердечного ритма по данным ФПГ. Для этой цели в среде MATLAB была разработана программа для расчета геометрических параметров BCP по данным ЭКГ и ФПГ и сравнения полученных результатов. Для расчёта параметров использовались записи от двадцати пациентов, снятые на портативный кардиограф CardioQVARK [2]. Сигналы представляют собой синхронно записанные ЭКГ и ФПГ с частотой дискретизации 1000 Гц и длительностью от 3 до 5 минут. Алгоритм работы программы следующий:

1. Фильтрация сигналов. Для удаления высокочастотной помехи в ЭКГ сигнале был использован фильтр нижних частот Баттерворта четвертого порядка. Для удаления дрейфа изолинии использовалась сплайн-интерполяция. На рис.2 представлены сигналы до и после фильтрации.

2. Расчёт параметров BCP. В программе по данным ЭКГ и ФПГ для каждого пациента рассчитываются такие геометрические параметры, как среднее, минимальное и максимальное значения RR-интервалов, вариационный размах и мода. Также на данном этапе строятся ритмограмма, скатерограмма, гистограмма. По полученным графикам можно визуально оценить сходство (различие) результатов, полученных по данным двух сигналов.

Несовпадение значений некоторых параметров может быть связано с неидеальными методами фильтрации, после которых в сигнале ещё остаются шумы. Оказать влияние может и наличие патологий, например, появление экстрасистол, вследствие которых либо изменяется время распространения пульсовой волны, либо вообще не наблюдается пика ФПГ после внеочередного сердечного сокращения.

3. Оценка согласованности измерений. Для этой цели можно найти коэффициент корреляции, который будет характеризовать силу связи полученных значений. В нашем случае данный коэффициент составил 0,95. Так как коэффициент корреляции изменяется от -1 до 1, то полученное значение говорит о сильной линейной связи между значениями RR-интервалов, полученных двумя методами. Однако, для оценки согласованности измерений недостаточно найти только коэффициент корреляции. Так как проверялась корреляция одной и той же величины, следовательно, отсутствие взаимосвязи говорило бы о том, что один из методов полностью искажает результаты измерений, что является маловероятным [3].

Суть метода заключается в том, что для каждой пары средних значений RR-интервалов, вычисленных двумя способами, находится их разность. После этого вычисляется средняя величина разности, которая характеризует систематическое расхождение, и стандартное отклонение разности, характеризующее степень разброса значений. Далее строится график, по оси абсцисс которого отложены средние значения для каждой пары, а по оси ординат – их разность. По данному графику можно определить,

зависит ли расхождение от величины признака. На рис. 3 приведён график Блэнда-Алтмана, отражающий согласованность рассматриваемых методов.

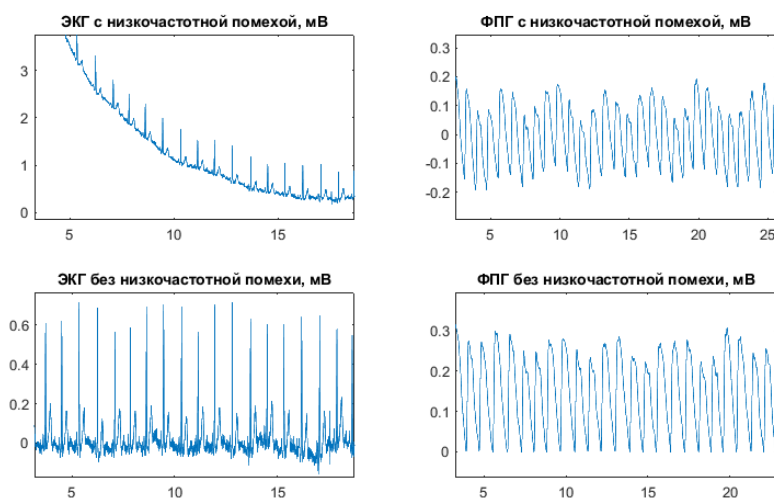


Рис. 2. Сигналы до и после фильтрации

Поэтому в данной работе использовался метод, предложенный Д. Блэндом и Дж. Алтманом в работе [4].

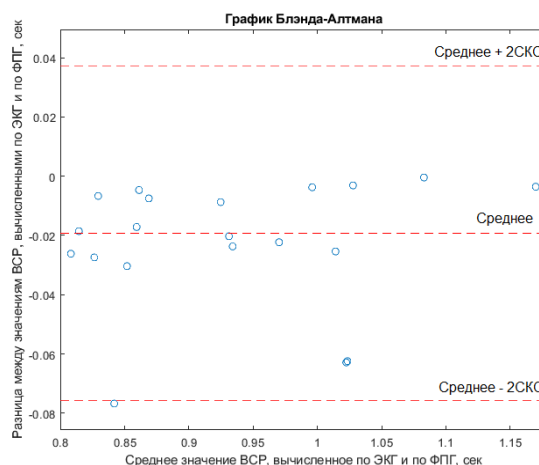


Рис. 3. Результаты оценки согласованности измерений ВСР ФПГ и ВСР ЭКГ

Из данных, представленных на рис. 3 следует, что:

- средняя разность между величинами составляет -0,0185, что говорит об отсутствии систематического расхождения;
- стандартное отклонение разностей находится в диапазоне от -0,0741 до 0,0371;
- отсутствует зависимость разности от среднего значения.

Закключение

Таким образом, результаты оценки ВСР по данным ФПГ хорошо согласуются с результатами, полученными по данным ЭКГ. Следовательно, данный метод возможно использовать для анализа variability сердечного ритма, так как он обладает некоторыми преимуществами. Процедура снятия фотоплетизмограммы проще в исполнении, чем снятие электрокардиограммы. Также датчики ФПГ широко распространены и могут находиться даже в смартфоне человека, что позволяет постоянно

следить за состоянием сердечного ритма и в случае возникновения отклонений от нормы незамедлительно обратиться к врачу.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. [Электронный ресурс] // URL: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/ru/ (дата обращения: 14.04.2020);
2. CardioQVARK. [Электронный ресурс] // URL: <https://cardioqvark.ru/> (дата обращения: 14.04.2020);
3. Stanton A. Glantz. Primer of biostatistics. McGraw-Hill Inc, 1994. 459 p.;
4. Altman D. G., Bland J. M. Measurement in Medicine: The Analysis of Method Comparison Studies, The Statistician, 1983, Vol. 32, pp. 307 -317.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА С ГОЛОВНЫМИ БОЛЯМИ ДЛЯ СМАРТ-ФОНОВ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ОС ANDROID

Г.О. МАРСАЛЬ¹, М.Ю. ГЛАЗОВ²

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

²*Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет*

Аннотация. В данной работе описана разработка мобильного приложения для телефонов на платформе Android, созданного для сбора статистических данных о развитии патологий, связанных с возникновением головных болей, и введения этой технологии в медицинскую практику.

Ключевые слова: мобильное приложение, головная боль, Android, мониторинг заболевания.

Введение

В течение последних лет можно наблюдать активное внедрение компьютерных и мобильных технологий в медицинскую среду. Телемедицина и системы электронного здравоохранения (e-health) – уже не просто экспериментальное ответвление, а полноценная практика здравоохранения во многих странах мира, в том числе и в России. Одним из ключевых направлений можно выделить технологии mobile health, предназначенные для расширения систем электронного здравоохранения в том числе и на портативные устройства (мобильные телефоны, планшеты и носимые устройства). Если говорить о наиболее распространённых и доступных вариантах реализации этих систем, то это будут мобильные приложения. В то же время множество процессов в сфере диагностики заболеваний остаются не автоматизированными.

Головная боль (ГБ), или цефалгия, является одной из наиболее частых жалоб на приемах врачей общей практики и неврологов. Так как ГБ является лишь симптомом, а не заболеванием, выявление причин её возникновения, особенно на этапе первичной медицинской помощи, является затруднительным [1]. Таким образом для оптимизации лечебного процесса крайне актуальной является автоматизация процесса сбора диагностической информации от пациентов, страдающих головными болями. Цель работы - разработка приложения для тестирования больных и отправки результатов в медицинское учреждение для их дальнейшей обработки и постановки объективного диагноза.

Методы диагностики и автоматизации процесса

Одним из основных методов определения причин возникновения ГБ является анализ жалоб и анамнеза заболевания. Но, как правило, выявить истинную причину возникновения патологии на основании данных за короткий промежуток времени не представляется возможным по ряду причин (отсутствие объективной информации о течении заболевания, изменчивость характера боли и т. д.). Для повышения точности диагностики в медицинской практике используются специальные опросники (дневники головной боли).

В разработанном приложении за основу была взята методика Российского общества по изучению головной боли (РОИГБ), заключающаяся в сборе диагностической информации пациентов путем предоставления им комбинированного теста-опросника [2]. Больной ежедневно отвечает на 14 вопросов, по истечении двух недель дневник возвращается лечащему врачу для анализа и постановки диагноза.

Такой подход позволяет минимизировать процент ошибок при назначении лечения, но имеет ряд недостатков:

1. Проблематичность проведения статистической обработки данных по сравнению с электронным форматом;
2. Недолговечность бумажных носителей;
3. Риск утери и кражи данных;
4. Сложности в систематизации данных.

Переход к использованию мобильных технологий решает данные проблемы, а также предоставляет определенные преимущества, рассматриваемые далее.

Разработка приложения

Основными требованиями к разрабатываемому приложению были: простота в использовании, понятный пользовательский интерфейс, привычный формат представления данных для работников медицинской сферы. В качестве среды разработки была выбрана IDE Android Studio, язык программирования – Java (на текущий момент является одним из трёх официальных языков разработки, поддерживаемых Google; имеет большое количество документации; обеспечивает высокую скорость работы и низкое потребление памяти).

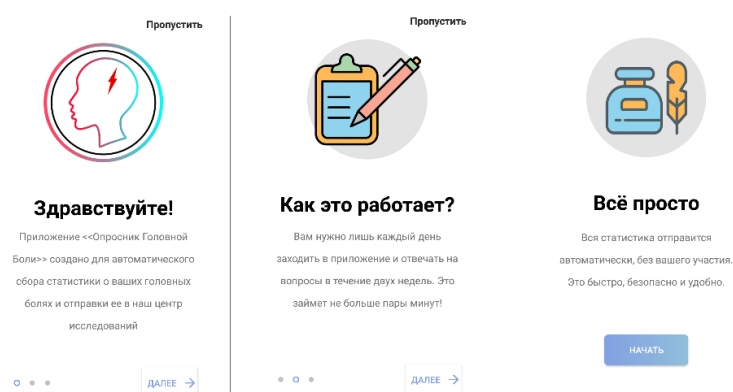


Рис. 1. Начальный экран приложения

Минимальная версия для установки - Android 5.1, что позволило совместить как большой процент поддерживаемых устройств, так и стабильность работы в сочетании с привлекательным интерфейсом (рис. 1). Последнее, в свою очередь, может являться

преимуществом при привлечении молодых пациентов. Для хранения, записи и управления пользовательской информацией была выбрана встраиваемая реляционная система управления базами данных SQLite в связи с ее надежностью, легкой интеграцией в проекты, созданные на языке Java. SQLite не использует парадигму клиент-сервер, таким образом программный код для реализации функциональности SQLite не является отдельно работающим процессом, с которым взаимодействует программа, а предоставляет библиотеку, с которой программа компонуется и программный код для реализации функциональности становится составной частью программы. В качестве протокола обмена используются вызовы функций (API) библиотеки SQLite. Такой подход уменьшает накладные расходы, время отклика и упрощает программу [3].

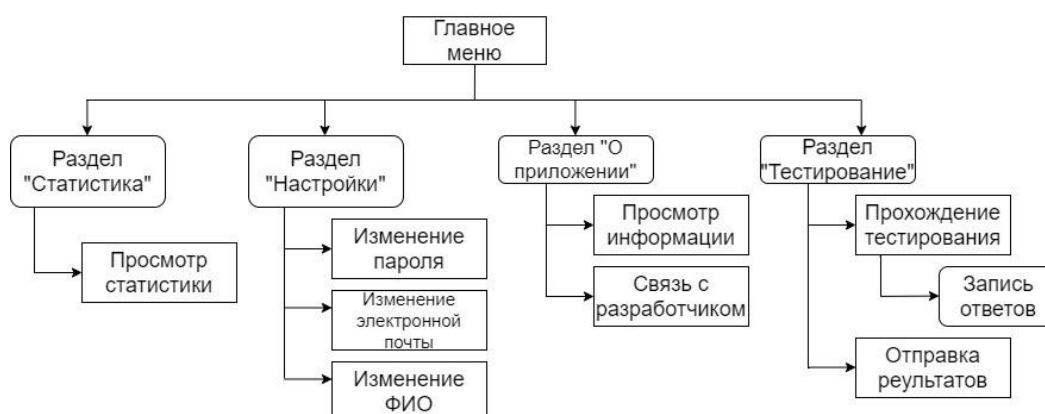


Рис. 2. Структура разработанного приложения

Основной функционал заключается в предоставлении пользователю возможности ежедневного прохождения тестирования, автоматическом формировании отчета и отправке последнего на почтовый ящик медицинского учреждения. В качестве дополнительного функционала имеется ежедневное уведомление о прохождении тестирования, просмотр статистики о количестве пройденных опросов, возможность связи с разработчиком, а также изменения пользовательских данных (ФИО, e-mail, пароль для входа в приложение). Структура разработанного приложения изображена на рис. 2.

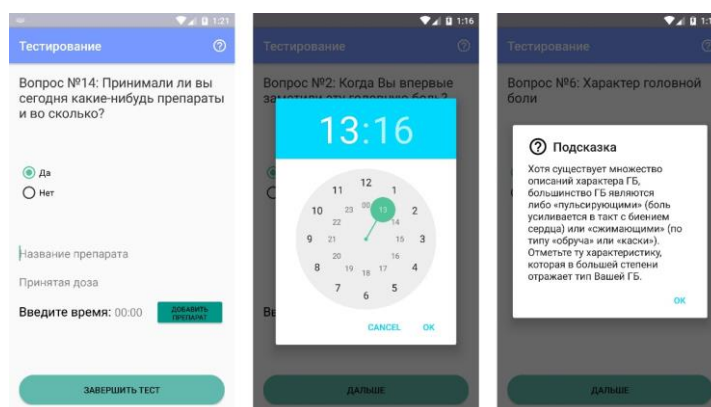


Рис. 3. Вид экрана тестирования

Методика, о которой было сказано ранее, включает в себя не только тестовые вопросы с выбором варианта ответа, но и ввод таких параметров, как время, названия препаратов, их дозировка и причины возникновения ГБ, что было учтено при создании пользователь-

ского интерфейса экрана тестирования (рис. 3). Помимо этого, во избежание проблем в понимании сути вопроса и выборе правильного ответа, для каждого вопроса пользователем может быть вызвана справка.

Для формирования отчета используется широко распространенный формат таблиц Microsoft Excel, что упрощает дальнейшую обработку и анализ данных. Отправка отчета происходит при помощи протокола передачи электронной почты SMTP (в данном случае выбран сервер Rambler). Такой подход позволяет автоматизировать процесс, не требует от пользователя использования его личной электронной почты. Пример готового отчёта приведен на рис. 4.

ФИО	Пол	email												
Марсаль Глеб Олегович	МУЖ	glebmarsal@gmail.com												
День	Дата	Время прохождения	Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3	Вопрос 4	Вопрос 5	Вопрос 6	Вопрос 7	Вопрос 8	Вопрос 9	Вопрос 10	Вопрос 11	Вопрос 12
1	21.01.2020	16:51:24	Да	16:49	22:50	Да	С двух сторон	Пульсирующая	Нет	Очень сильная	Незначительная	Нет	Да	Да
2	22.01.2020	16:52:48	Да	ГБ - продолжение вчерашней	ГБ перед сном сохр., с утра прошла	Да	С одной стороны	Пульсирующая	Да	Незначительная	Нет	Да	Да	Да
3	23.01.2020	16:53:27	Нет	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	24.01.2020	16:54:09	Да	ГБ - продолжение вчерашней	ГБ перед сном сохр., с утра не прошла	Нет	С двух сторон	Пульсирующая	Да	Сильная	Заметная	Да	Нет	Нет
5	25.01.2020	16:54:26	Нет	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	26.01.2020	16:54:59	Да	20:40	20:55	Да	С одной стороны	Пульсирующая	Да	Незначительная	Нет	Да	Да	Да
МАРСАЛЬ ГЛЕБ ОЛЕГОВИЧ														

Рис. 4. Пример готового отчёта

С уверенностью можно сказать, что разработанное мобильное приложение решает поставленные задачи по оптимизации диагностики заболеваний, симптомами которых является головная боль. В дальнейшем оно может быть использовано для постановки предварительного диагноза, выявления паттернов развития патологий и их предотвращений.

Апробация разработанного приложения запланирована на базе Санкт – Петербургского Государственного Бюджетного Учреждения «Детский Городской Медицинский Клинический Центр Высоких Медицинских Технологий им. К.А. Раухфуса» (СПБ ГБУЗ «ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса») у детей страдающими головными болями напряжения в возрасте от 12 до 18 лет.

Список литературы

- Осипова В.В. Диагностика головных болей в амбулаторной практике // Медицинский совет. – 2010. №3(28). – С. 12-18;
- Дневник головной боли // Российское общество по изучению головной боли. URL: <http://headache-society.ru/images/%C4%CD%C5%C2%CD%C8%CA%20%C3%CE%CB%CE%C2%CD%CE%C9%20%C1%CE%CB%C8.pdf> (дата обращения: 16.04.2020)
- Голощапов А.Л. Google Android: программирование для мобильных устройств. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 448 с.

ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСА МИКРО- ФЛЮИДНОГО ЧИПА

Е. А. СЕВРЮГИНА, В. К. МОЗГОВА

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Аннотация. В данной статье продемонстрированы перспективы использования технологий микрофлюидных чипов и целесообразность применения данной технологии для лошадей. Проанализирован и выбран материал для корпуса микрофлюидного чипа. Представлены результаты эксперимента по травлению силикона. Описана необходимость очистки поверхности материала перед нанесением токопроводящего слоя. Описан метод плазменной очистки. Представлены результаты эксперимента зависимости угла смачивания от времени очистки.

Ключевые слова: микрофлюидный чип, шероховатость, плазма, угол смачиваемости, очистка

Введение

Микрофлюидный чип (МФЧ) – миниатюрное устройство, предназначенное для мгновенного анализа биологических жидкостей. Одним из преимуществ данной технологии является малый объем жидкости для анализа, что делает ее очень удобной в применении в медицине, ветеринарной диагностике. Микрофлюидные чипы являются сложным техническим устройством, которое требует четко проработанной технологии и правильно подобранных материалов, и оборудования.

У данной технологии есть ряд преимуществ, которые делают ее перспективным направлением на многие годы вперед: низкий расход реагентов для исследования; высокая точность управления температуры, концентрации и смешивания жидкостей и т.д. [1].

Широкое внедрение устройств на основе микрофлюидных модулей способно существенно повысить качество жизни. Так, использование микрофлюидных устройств для анализа крови позволяет оперативно проводить исследования вне лабораторий, делая медицинскую помощь доступнее и качественнее в малых населенных пунктах, а также в развивающихся странах. Оперативный анализ позволит ускорить постановку правильного диагноза и, таким образом, возможно, спасти жизнь. Но такая помощь нужна не только людям, но и животным. Основная проблема заключается в том, что у животных гораздо сложнее взять анализ крови. Следовательно, наиболее простым типом анализируемой жидкости у животных для МФЧ является пот.

Одним из представителей животных, которому такая помощь нужна, является лошадь. *Потоотделение является ключевым компонентом в сложной системе, которая позволяет лошади регулировать температуру ее тела. Если эта система даст сбой, последствия могут быть самыми серьезными.*

Лошадь потеет, чтобы остыть в жаркую погоду и во время физических нагрузок или периодов стресса (например, при поездке в коневозе). Чем тяжелее работает лошадь (или чем жарче погода), тем больше она потеет. Во время выполнения интенсивных упражнений (скачки, поло, работа на выносливость) с потом и водяным паром, который выдыхает, лошадь может терять от 10 до 15 литров жидкости в час. Если лошадь слишком сильно потеет, возникает риск обезвоживания. Имея возможность оперативно проанализировать состав пота животного, можно определить, происходит ли потеря электролитов (минералов, которые растворяются в жидкостях тела лошади, в том числе и

в поте) и вовремя принять меры по оценке состояния лошади и предотвращения негативных последствий. Таким анализатором состояния животного может стать микрофлюидный чип.

Разработка устройства МФЧ

После проведения анализа существующих моделей микрофлюидных чипов был разработан внешний вид чипа [2].

Для того, чтобы выбрать материал корпуса, в котором будет создана система капилляров, которая нужна для отделения анализируемых частиц от остальной массы частиц исследуемого образца, необходимо учитывать несколько важных факторов: крепление устройства, удобство его использования, возможность создания капиллярной структуры, экологичность, химическая устойчивость (в случае химического биомаркера), устойчивость к воздействию воды и т.д.

В качестве материала для корпуса микрофлюидного чипа в результате проведенного анализа был выбран полимер, так как он удовлетворяет всем перечисленным выше свойствам. Наиболее подходящими кандидатами являются: эпоксидная смола и силикон. Данные материалы обладают необходимыми свойствами (гидрофобность, прозрачны, хорошая химическая стойкость и т.д.). Но у силикона есть явное преимущество – гибкая и мягкая структура, что упростит его крепление на шерсти животного. Также, данный полимер не нанесет вреда лошади, кроме случая, если у животного окажется на него аллергия. Но данный фактор минимален, так как, по статистике, данная аллергия встречается только у 5% лошадей.

Несмотря на то, что данные материалы удовлетворяют требуемым свойствам, необходимо проверить главный фактор – возможность создания капиллярной структуры в данном материале. Для проведения первоначального эксперимента по созданию капиллярной структуры был выбран – силикон.

Плазменное травление для создания капиллярной структуры МФЧ

Существует несколько методов создания капиллярной структуры: плазменное травление, химическое травление, фотолитография и т.д. Основной проблемой для работы с силиконом является его низкая температура плавления и большие размеры молекул.

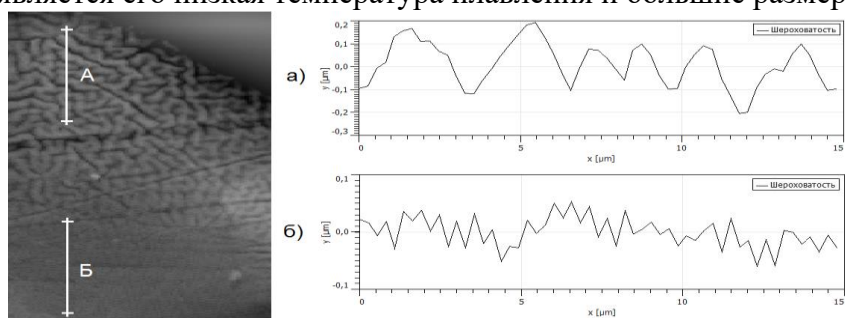


Рис.1. АСМ-изображение и зависимость шероховатости образца после плазменного травления

Для проведения эксперимента было выбрано плазменное травление в среде аргона на установке плазменного травления TRION SIRUS T2. Все образцы силикона подвергали травлению при одинаковых условиях процесса: давление – 200 мТорр, мощность – 300 Вт, значение молекул аргона – 300 моль. Травление образцов отличалось длительностью процесса: 30, 60, 90 и 120 минут.

После проведения эксперимента образцы были исследованы на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Solver Next. АСМ-сканирование показало, что глубина травления варьируется от 125 до 170 нм, а шероховатость образцов увеличилась от 37 до 58 нм в зависимости от времени обработки (Рисунок 1).

Полученная структура является результатом отщепления метильных радикалов. Это происходит из-за окисления силикона при температурах выше 180 °С, а при температуре свыше 250 °С происходит медленное превращение полимера в мономер – наблюдается процесс деполимеризации. Но длительные воздействия данных температур, до 48 часов, никак не влияют на свойства силикона, а лишь уменьшают его толщину на 3%.

Металлизация проводящих слоев МФЧ

Основной частью микрофлюидного чипа, помимо капиллярной системы, является токопроводящий слой меди, для считывания показаний биомаркера. Слой меди следует наносить в области расположения биомаркеров. На остальной части чипа наносить ее не обязательно.

Токопроводящий слой меди должен обладать достаточной электропроводностью и малым сопротивлением. Еще одной важной его особенностью является хорошее сцепление с поверхностью основания, т.е. токопроводящий слой должен обладать хорошей адгезией.

Существует несколько методов нанесения тонких пленок в вакууме. Они отличаются скоростью осаждения, коэффициентом использования материала, чистотой наносимого слоя, равномерностью нанесения и т.д. Ключевые параметры покрытия: адгезия, равномерность, чистота и коэффициент использования материала.

В предыдущих работах авторов было проведено исследование зависимости толщины и электрических характеристик пленки от параметров нанесения. Моделирование приведено в работах авторов [2] и [3]. В результате моделирования определены технологические режимы нанесения слоев металлизации и их электрические характеристики.

Плазменная очистка поверхностей МФЧ

На качество покрытия влияет не только метод нанесения токопроводящего слоя, но и подготовительная операция – очистка поверхности. Одним из наиболее эффективных методов является плазменная очистка.

На данный момент, вакуумная плазменная очистка является востребованным направлением в работе с микро- и наноструктурами из-за ряда преимуществ: очистка в микроскопических зазорах; отсутствие повреждений чувствительных поверхностей; использование дешевых промышленных газов в качестве рабочей среды. Такие свойства, как смачиваемость и адгезия поверхности растут благодаря увеличению свободной энергии поверхности. При обработке поверхности отсутствует мокрая химия, соответственно нет необходимости в дальнейшей очистке.

Плазма разрывает химические связи тяжелых органических молекул, загрязняющих поверхность, которые дробятся на более легкие молекулы, улетучиваются с поверхности и затем выводятся из рабочего объема путем откачки вакуумными насосами. Данный процесс является наиболее экологически чистым [4].

Для того, чтобы наглядно оценить качество очистки поверхности от физических загрязнений, были проведены исследования на установке плазмохимического травления TRION SIRUS T2. До и после очистки поверхности проводили контроль по углу смачивания на гониометре модели ЛК-1.

Образцы ситалла подвергались очистке при одинаковых условиях процесса: давление – 400 мТорр, мощность – 400 Вт, значение молекул аргона – 200 моль. Длительность процесса очистки меняли: 5, 10, 20 и 30 минут. Параметр мощности был выбран, исходя из данных в источниках информации [5].

Изначально угол смачивания загрязненных подложек принимал среднее значение <27 градусов. После очистки было отмечено уменьшение угла смачивания (Рисунок 2).

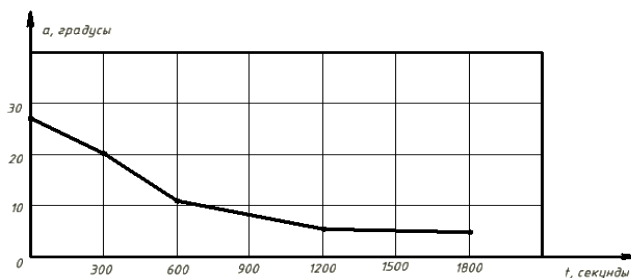


Рис. 2. Изменение угла смачивания в зависимости от времени плазменной очистки в среде Ar

Из построенной зависимости видно, что первые 10 минут процесса наблюдается резкое изменение угла смачивания (уменьшение). В следующие 10 минут (от 10 до 20 минут) изменение угла смачивания происходит не так интенсивно. А в промежутке от 20 до 30 минут – практически не меняется значение угла смачивания.

Заключение

Создание капиллярной структуры в силиконе с помощью плазменного травления является трудновыполнимой задачей, так как травление образцов на требуемую глубину 10 мкм является продолжительным процессом, а сам материал в процессе травления подвержен деформации.

АСМ-сканирование образцов силикона после плазменного травления показало, что глубина травления варьируется от 125 до 170 нм, а шероховатость образцов увеличилась от 37 до 58 нм в зависимости от времени обработки.

Для очистки токопроводящего слоя микрофлюидного чипа от физических загрязнений хорошо подходит плазменная очистка поверхности. Экспериментально доказано, что удаление физических загрязнений с ситалловой подложки происходит в первые 5-20 минут процесса.

Список литературы

1. Нисан А. Микрофлюидные модули: области применения и технологии производства/ Нисан А. // Электроника: НТБ науч. метод. Журн. – 2015.— № 5.
2. Севрюгина Е. А. Сидорова С. В. Отработка режимов нанесения электропроводящих слоев для микрофлюидных чипов. в кн: Будущее машиностроения России: материалы одиннадцатой всероссийской конференции молодых ученых и специалистов, Москва, 2018, Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 24–27 сентября 2018, С. 299-302
3. Sevryugina E. A., Sidorova S. V Development of microfluidic chip manufacturing technology for human sweat analysis // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – M., – 2020 – Vol. 774. – Mode of access: <https://iopscience.iop.org/journal/1757-899X>.
4. Diener electronic. URL: <https://www.tatcp.ru/upload/tirit/50.pdf> (access Mode 10.02.2020).
5. Масару Нономура Перевод: Валерий Русанов. Технология обработки поверхностей плазмой для установки корпусов флип-чип. Журнал “Компоненты и технологии” № 12’2008

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ДИАГНОСТИКЕ ДЫХАНИЯ ЧЕЙНА- СТОКСА

А. А. САФАРОВ

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

Аннотация. Произведен анализ различных подходов по определению дыхания Чейна-Стокса, выявлены основные проблемы по детектированию данного респираторного события.

Ключевые слова: дыхание Чейна-Стокса, симптом заболевания сердечно-сосудистой системы, оценка дыхания Чейна-Стокса.

Введение

На сегодняшний момент ишемические заболевания сердца и болезни сосудов мозга занимают лидирующие места по причине летальности населения всего мира [1]. Ввиду этого, одной из основных задач современной медицины является своевременная диагностика данных заболеваний с последующим лечением. Одним из симптомов данных заболеваний считается дыхание Чейна-Стокса.

Дыхание Чейна-Стокса (Cheyne–Stokes respiration, ДЧС) - это особая форма периодического дыхания (с растущей и убывающей амплитудой воздушного потока), характеризующаяся длительным периодом (около 40-50 с за один респираторный цикл) и типом дыхания крещендо-диминуэндо (т.е. рост/спад амплитуды колебаний) между центральным апноэ или гипопноэ. На рисунке 1 изображена модель назального потока при ДЧС, выполненная в программе Matlab с учетом критерий определения ДЧС, установленных Американской Академии Медицины Сна (2016 г) [2].

Важно отметить характер апноэ/гипопноэ, так как считается, что ДЧС развивается из-за снижения возбудимости дыхательного центра под влиянием экзогенных и эндогенных патогенных факторов, которые возникают, в частности, при острой и хронической гипоксии, отека мозга, при нарушении мозгового кровообращения [3].

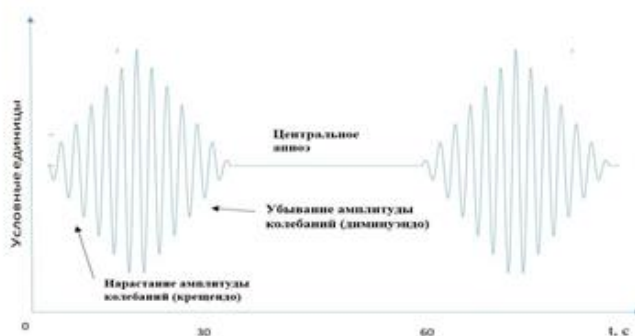


Рис. 1. Модель назального потока при дыхании Чейна-Стокса

С другой стороны, характер самого дыхания в виде крещендо-диминуэндо, тоже принципиально важен, поскольку он может отражать нераспознанную застойную

сердечную недостаточность и является фактором риска ранней смерти и необходимости пересадки сердца у пациентов с диагностированной сердечной недостаточностью [4].

Также ряд исследователей считают, что ДЧС само по себе негативно влияет на сердечно-сосудистую систему и усугубляет негативное состояние пациентов [5]. Они ссылаются на исследования, которые указывают на связь между наличием ДЧС у пациента с различными паталогическими последствиями (например, гиперадренергическим состоянием, которое является крайне опасным при больном сердце). При подавлении ДЧС устраняется чрезмерное возбуждение симпатической системы. При устранении периодического дыхания, убирается аномальная гипервентиляция и увеличивается эффективность работы мышц диафрагмы. Из этого следует вывод, что ДЧС является крайне нежелательным синдромом для больных, страдающих снижением выброса крови из левого желудочка.

Таким образом диагностика и, при необходимости, эффективное лечение данного синдрома, являются важными задачами для современной медицины.

Диагностические критерии дыхания чейна-стокса

Основной проблемой выявления дыхания Чейна-Стокса у больных, страдающих центральным апноэ сна, является отсутствие универсального и достаточно точного метода оценки данного респираторного явления.

В таблице 1 приведены определения некоторых критериев ДЧС и самого определения ДЧС у различных исследователей [2].

Таблица 1

Определения ДЧС и его критериев у различных исследователей

Определение	Кем предложен
Продолжительность цикла ДЧС определяется как время от начала дыхательной фазы до конца последующего апноэ (начала следующей дыхательной фазы).	М. Холл и соавт [6].
Продолжительность цикла ДЧС определяется как время от начала центрального апноэ до конца следующей дыхательной фазы крещендо – диминуэндо	Дж. Ведевардт и соавт [7].
Респираторное событие классифицируется как ДЧС при условии, что паттерн дыхания занимал более 10% времени записи.	Л. Маред и С. Клинтон [8].
Длина цикла определяется как время от максимума дыхательной фазы, предшествующему центральному гипопноэ, до максимума следующей дыхательной фазы.	Американская Академия медицины сна [9].

Также нет универсального (с которым были бы согласны все исследователи) и достаточно точного определения, при каких условиях респираторное заболевание считается как ДЧС [2]. Это объясняется тем, что иногда ДЧС сложно отличить от других респираторных событий, например, от дыхания Биота. Пациенты с рядом нарушений, включая первичное центральное апноэ сна и наркотически вызванное центральное апноэ, могут демонстрировать периодическое дыхание с нарастанием и ослаблением дыхания [2]. В 2012 году были утверждены основные правила по оценке респираторного события как ДЧС Американской Академией Медицины Сна. Несмотря на то, что некоторые

сомнологи подвергают критике точность определения ДЧС, в настоящий момент данные правила являются наиболее точными и универсальными [2].

Существуют эпизоды по меньшей мере 3 последовательных центральных апноэ и / или центральных гипопноэ, разделенных изменением амплитуда дыхания типа крещендо-диминуэндо с продолжительностью цикла не менее 40 секунд (обычно от 45 до 90 секунд);

Имеется 5 или более центральных апноэ и / или центральных гипопноэ в час, связанных с типом дыхания крещендо/диминуэндо, зарегистрированным в течение минимум 2 часов мониторинга.

Заключение

Респираторный синдром дыхания Чейна-Стокса является предметом споров сомнологов, так как до сих пор не доказана (как и не опровергнута) прямая связь данного респираторного события с заболеваниями сердечно-сосудистой системой. Также не установлено, необходимо ли лечить данный синдром (с помощью СИПАП терапии) или оно является регуляторным со стороны организма больного.

В ходе анализа различных подходов к определению ДЧС было установлено, что основные разночтения касаются определения границ события и связью явления с другими нарушениями сна. Несмотря на то, что на данный момент существует универсальный и общепринятый метод определения ДЧС (предложенный Американской Академией Медицины Сна), проблема поиска более точной методики актуальна по сей день.

Список литературы

1. Сайт организации всемирного здравоохранения // World Health Organization. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10causes-of-death> (дата обращения: 15.04.2020).
2. «Rules for Scoring Respiratory Events in Sleep: Update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events», deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine/ Richard B. Berry, Rohit Budhiraja, Daniel J. Gottlieb et al. // Journal of Clinical Sleep Medicine. 2012, Выпуск 8, Номер (№) 5, С. 591-619.
3. Чеснокова Н. П. Виды нарушений внешнего дыхания: этиология и патогенез // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017, выпуск (№) 2. С. 49-51.
4. Ланфранчи П. Прогностическое значение ночного дыхания Чейна- Стокса при хронической сердечной недостаточности. Boston, 1999; 248 с.
5. Сайт сомнологического центра университетской клинической больницы №1 первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова // URL: <https://somnology-pulmonology.ru/blog/o-khrapе/dykhaniye-cheyna-stoksa-pri-serdechnoy-nedostatochnosti/> (дата обращения 15.04.2020).
6. Холл М. Дж. Продолжительность цикла периодического дыхания у пациентов с сердечной недостаточностью и без нее // Am J Respir Crit Care Med. 1996; вып. (№) 154. С. 81 – 124.
7. CheyneStokes respiration in heart failure: cycle length is dependent on left ventricular ejection fraction/ Wedewardt J, Bitter T, Prinz C, Faber L et al.//Sleep Med. 2010; вып. (№) 11. С. 137-42.
8. Cheyne-Stokes respiration in patients hospitalised for heart failure/ Marek L, Cline C, Erhardt L, et al.// Respir Res. 2004; вып. (№) 20; С. 5-14.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВИЧНОГО ОСМОТРА ПАЦИЕНТОВ С ГОЛОВНЫМИ БОЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ

В. СУКМАНОВСКАЯ¹, М. Ю. ГЛАЗОВ², А.Ю. ГЛАЗОВА¹

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

²*Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет*

Аннотация. В данной работе описана разработка информационной системы для первичного осмотра пациентов с головными болями напряжения, а также проанализирована возможность дальнейшего применения созданной информационной системы в медицинских учреждениях.

Ключевые слова: информационная система, головная боль напряжения, Python, первичный осмотр.

Введение

Фактически каждый человек на планете испытывает головные боли различной локализации, при этом головные боли напряжения (ГБН) являются наиболее распространенным типом данного заболевания. По данным ВОЗ, примерно 70% населения из различных групп обращались с симптомами ГБН [1]. Существует мнение, что даже единичный случай головной боли свидетельствует о каких-либо нарушениях в организме [2], при этом в лечебной практике не уделяется должного внимания этой проблеме. Большинству пациентов для более эффективного лечения головной боли необходимы главным образом осведомленность о проблеме, правильный диагноз и соответствующие ему показания к лечению.

Для врача работа с пациентами с жалобами на головную боль является достаточно затруднительной по той причине, что для наиболее точного определения первопричины возникновения отклонения требуется значительное время, которое выходит за рамки одного осмотра. Для решения задачи первичного осмотра пациента необходимо автоматизировать данный процесс. Таким образом, целью данной работы является разработка информационной системы первичного осмотра пациентов с головными болями напряжения.

Диагностические показатели и методы определения головной боли напряжения.

Наиболее эффективным методом определения головной боли напряжения у пациентов является получение анамнеза с помощью опросников. В данной работе были выбраны следующие 8 клинических тестов:

1. индекс недееспособности вследствие головной боли [3];
2. госпитальная шкала тревоги (HADS) [4];
3. анкета качества жизни SF – 36 [5];
4. Питтсбургский опросник на определение качества сна (PSQI) [6];
5. шкала дневной сонливости Эпворта (ESS) [7];
6. шкала оценки усталости FAS [8];
7. болевой опросник университета Мак Гилла [9];
8. шкала самооценки Прихожан [10].

Предложенные тесты позволяют выявить те диагностические показатели, которые соответствуют головной боли напряжения, в том числе эпизоды головной боли продолжительностью от нескольких минут до нескольких суток. К примеру, пациент

может дать следующее описание головной боли: обычно двусторонняя, сжимающего или давящего характера, легкой или умеренной интенсивности, не усиливается при обычной физической нагрузке, не сопровождается тошнотой, однако может отмечаться свето- и звукобоязнь [11].

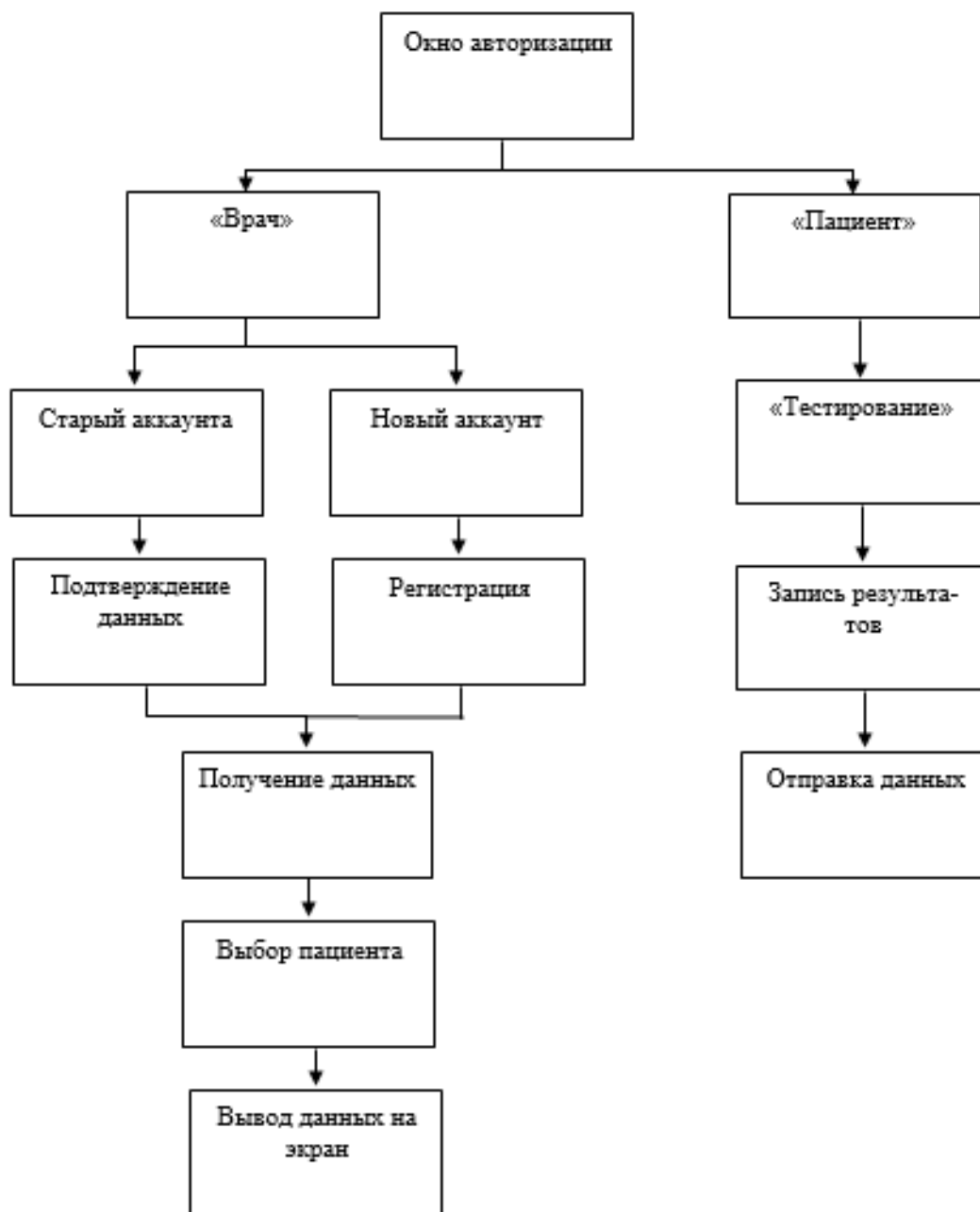


Рис. 1. Алгоритм работы реализованной информационной системы

Разработка приложения для автоматизации процесса.

Основные требования к разрабатываемому приложению заключаются в простоте использования для пациента и соответствии формата результирующих данных требованиям медицинского учреждения. Для реализации информационной системы был выбран высокоуровневый язык программирования Python, что было обусловлено следующими причинами: Python является языком, который поддерживается почти на всех

известных платформах, работает сразу в командной строке terminal, содержит большое количество библиотек, имеет возможности включения баз данных и создания графического интерфейса пользователя (GUI) [12].

Рассмотрим алгоритм работы программы реализованного приложения, которая представлена на рисунке 1. Первая часть – это окно авторизации, оно включает в себя часть медицинского сотрудника и пациента. В разделе «Пациент» происходит сначала запись данных в разделе первичной формы, а далее следуют три раздела, связанных с тестированием и работой с данными, которые заканчиваются отправкой данных по электронной почте. В разделе «Врач» обязательны модули регистрации и подтверждения данных для нового и старого аккаунтов соответственно, что обусловлено необходимостью обеспечения конфиденциальности данных. Далее следуют модули, которые включают в себя автоматическое получение данных с почты на персональный компьютер медицинского сотрудника, выбор пациента из списка существующих и вывод результатов его тестирования на экран ПК. С данной информацией системой может работать как пациент, так и врач, что позволяет ускорить процесс обработки информации.

При проектировании системы использовалась графическая библиотека с графическим интерфейсом Tkinter. Данная библиотека была выбрана, так как она является кроссплатформенной, что позволяет в дальнейшем использовать разрабатываемое приложение практически на всех известных операционных системах (Windows, Linux, Mac OS X и др.). Кроме того, Python имеет библиотеку `sx_Freeze`, которая работает с графической библиотекой Tkinter и позволяет скомпилировать разработанную программу так, чтобы в дальнейшем ее можно было использовать на любом компьютере без участия Python.

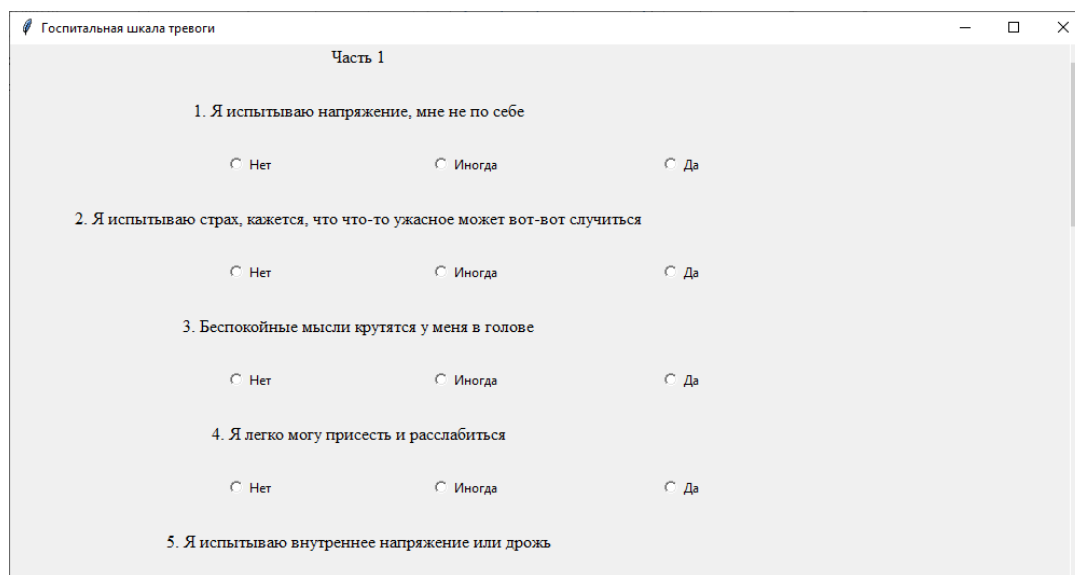


Рис. 2. Пример окна опросника

Для удобства ответов на вопросы большинство окон опросников включают в себя элемент управления «ScrollBar», позволяющий улучшить эргономичность используемого интерфейса (рисунок 2). Для информирования пациентов о том или ином опроснике перед каждым новым окном появляется информационное сообщение. Если опросник включает в себя более одного пояснения к действиям, то в окне дополнительно

размещены информационные элементы, позволяющие в любой момент посмотреть «подсказку» (рисунок 3).

Для реализации опросника оценки самооценки прихожан был использован графический виджет библиотеки Tkinter – Canvas, который позволяет пациенту с помощью курсора дать оценку своих характеристик на 7 диаграммах и одновременно с этим построить графики самооценки на текущий момент и желаемого состояния (рисунок 4).

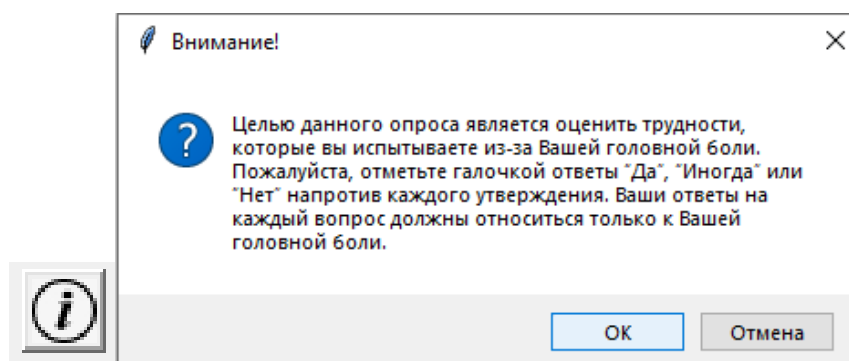


Рис. 3. Информационные элементы разработанного приложения

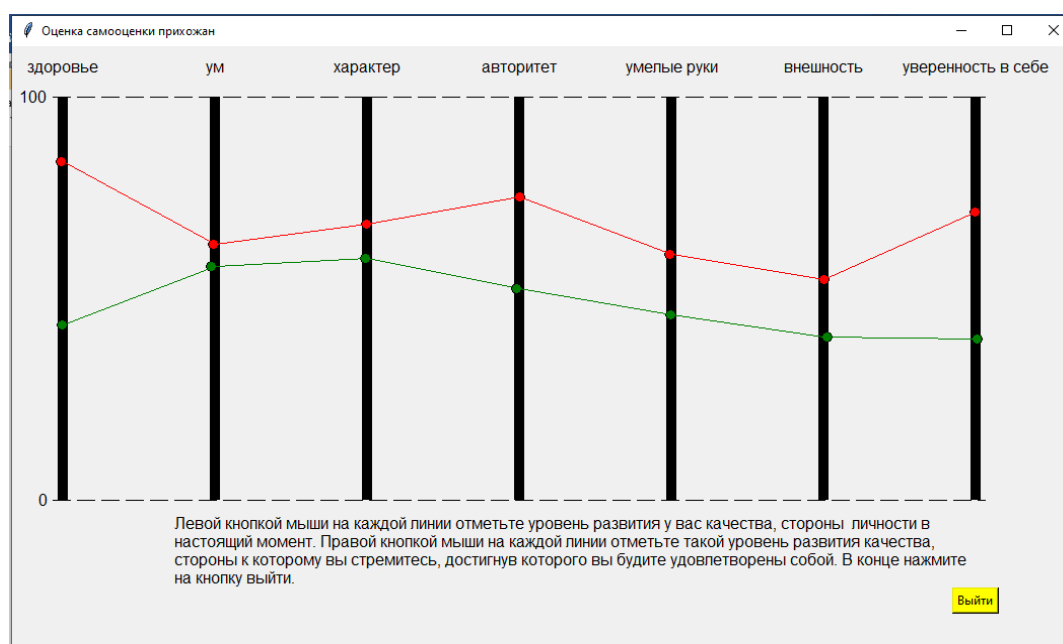


Рис. 4. Шкала самооценки Прихожан

Работа с данными в реализации разработанной информационной системы основана на использовании библиотеки Oprenuхl, позволяющей беспрепятственно взаимодействовать с таблицами типа .xls. Дальнейшие действия программы после завершения выполняются с библиотек smtplib и email, позволяющая закодировать и отправить данные пациента медицинскому работнику. С другой стороны врач, выполнив вход в свою учетную запись, сразу же получает все отправленные на его электронный адрес письма. Реализация получения результатов данных на персональный компьютер медицинского сотрудника осуществляется за счет библиотек imarplib и email.

Таким образом, разработанное приложение позволяет решить все поставленные задачи: врач в короткий промежуток времени получает все данные от пациента, что ускоряет процесс осмотра и помогает медицинскому сотруднику в правильной постановке диагноза. В дальнейшем в системе будет предоставлена возможность осуществления программой предварительного анализа и постановке первичного диагноза, что ускорит лечение пациентов.

Апробация разработанной информационной системы будет осуществляться на базе Санкт – Петербургского Государственного Бюджетного Учреждения Здравоохранения «Детский Городской Медицинский Клинический Центр Высоких Медицинских Технологий им. К.А. Раухфуса» (СПб ГБУЗ «ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса») у подростков, страдающими головными болями напряжения, в возрасте от 12 до 18 лет.

Список литературы

1. Статья «Головные боли» / 8 апреля 2016 г. /Всемирная организация здравоохранения (электронный ресурс) URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/headache-disorders> (дата обращения 28.04.2020)
2. Атаманенко А.В. «Частые мигрени и головные боли. К кому обратиться?» / клиника onclinic/ (электронный ресурс) URL: <https://onclinic.ua/blog/chastie-migreni-kuda-obrashatsa> (дата обращения 28.04.2020)
3. Zigmond AS, Snaith RP. «The Hospital Anxiety And Depression Scale.» / Acta Psychiatr Scand. 1983;67: 361–70.
4. Jacobson GP et al (1994) The Henry Ford hospital headache disability inventory. *Neurology* 44:837–842.
5. RAND 36-Item Health Survey 1.0 Questionnaire Items / 36-Item Short Form Survey Instrument (SF-36) / RAND Corporation (электронный ресурс) / URL: https://www.rand.org/health-care/surveys_tools/mos/36-item-short-form/survey-instrument.html (дата обращения 28.04.2020)
6. Питтсбургский опросник на определение индекса качества сна / Перевод на русский: Е.А.Семенова, К.В.Даниленко, 10.2009
7. Johns MW. «A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale.» *Sleep*. 1991;14:540-5
8. De Vries, Michielsen H, Van Heck GL, Drent M. «Measuring fatigue in sarcoidosis: The Fatigue Assessment Scale (FAS). » / Br J Health Psychol 2004; 9: 279-91. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15296678> (дата обращения 28.04.2020)
9. Болевой опросник Университета Мак Гилла, адаптированный А.Б. Пальчиком и М.Соколовской / журнал «Педиатр» том 9 Выпуск 2 2018
10. Прихожан А. М. Применение методов прямого оценивания в работе школьного психолога / Научно-методические основы использования в школьной психологической службе конкретных психодиагностических методик: Сб. научн. тр. / Редкол.: И. В. Дубровина (отв.ред.) и др. – М.: изд. АПН СССР, 1988. – С. 110-128.
11. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition / *Cephalalgia* j. ICHD-3 Volume 38 Issue 1, January 2018 International Headache Society 2018
12. Anand Balachandran Pillai «Software Architecture with Python» / Kindle Edition / Packt Publishing: 1 edition April 28, 2017

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА СИГНАЛОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФЕТАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

К.В. Филипенко, Ю.О. Боброва

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

Аннотация. В работе рассмотрены современные направления развития перинатальной диагностической техники, рассмотрены методы тестирования и апробаций разработанных систем на основе пассивных элементов. Разработан алгоритм работы источника сигнала для физической модели фетальной активности, состоящей из материалов различной плотности.

Ключевые слова: моделирование двигательной активности плода, перинатальная смертность, фетальная активность,

По данным Росстата за 2018 год младенческая смертность (до 1 года) на 10 000 родившихся живыми приходится 50.9 умерших, из них 25.3 по причине отдельных состояний, возникающих в перинатальном периоде. Кроме того, за 2018 год было зафиксировано 11 659 перинатальных смертей, коэффициент перинатальной смертности, на 1000 детей родившихся живыми и мертвым (мертворожденные и умершие в возрасте до 7 дней) составляет 7.23 [1]. Такая неутешительная статистика вынуждает искать новые методики диагностики перинатального состояния плода, которые были бы достаточно точными для своевременной регистрации критического состояния и безопасными для беременной женщины и развивающегося плода при длительном или многократном проведении этого диагностического исследования.

Одной из основных причин перинатальной смертности или развития патологий у плода, которые проявляются затем в дальнейшей жизни ребенка, является гипоксия. Она составляет до 80% от всех перинатальных травм [2]. При нахождении плода в состоянии гипоксии нарушается газообмен между тканями, угнетается развитие органов и нервной системы, что проявляется в неонатальном периоде и дальнейшей жизни ребенка в виде развития таких заболеваний как умственная и физическая отсталость, эпилепсия, ДЦП и др. Длительное нахождение плода в состоянии гипоксии может привести к его смерти.

Одним из самых ярких проявлений развития гипоксии плода является изменение в вариабельности сердечного ритма плода и снижение его двигательной активности, как ответ мозга на недостаток кислорода. Регистрация фетальной ЭКГ эффективна в большей степени на 32–34 неделях беременности, в то время как двигательную активность плода женщина начинает чувствовать, начиная с 28 недели беременности, а при использовании технических средств фетальная активность может быть зарегистрирована с 7 недели (при использовании ультразвукового исследования (УЗИ)). Однако длительное применение УЗИ не приемлемо из-за негативных эффектов, которые могут быть оказаны на организм плода.

В связи с этим сегодня активно ведется разработка носимой системы мониторинга двигательной активности плода, построенная на основе пассивных элементов, вследствие чего может быть применена для длительного исследования состояния плода. Она включает в себя набор датчиков, тип и количество, которых зависит от конфигурации каждой отдельной системы. На сегодняшний день для доказательства эффективности разработанной

системы исследователи и разработчики используют контрольную группу, которая состоит из волонтеров [3],[4]. Данный подход может быть неудобен, при корректировке конфигурации разработанной системы или для подбора оптимальных датчиков, их комбинаций и количества. Данные задачи решают с помощью физических моделей фетальной активности.

В данной работе рассматривается предложенная физическая модель, выполненная на основе вибромоторов. Вибрации, гарнируемые моторами, проходят через слои макета, обладающие различными плотностями, коэффициентами вязкости и упругости. Такой подход позволяет при проведении исследования чувствительности датчиков учитывать вязкоупругие свойства реальной среды распространения сигнала фетальной активности и некоторые морфологические особенности поверхности, с которой ведется регистрация сигнала, что позволяет анализировать и корректировать крепеж датчиков. Структурная схема макета представлена на рисунке 1. Вибромоторы были выбраны для моделирования сигнала из-за их гибкой работы в зависимости от питающего напряжения, что позволяет генерировать сигнал близкий по своим частотным характеристикам к реальному биологическому сигналу. ERM-мотор – мотор постоянного тока, который производит вибрацию с помощью вращения массы, которая не сбалансировано прикреплена к ротору мотора.

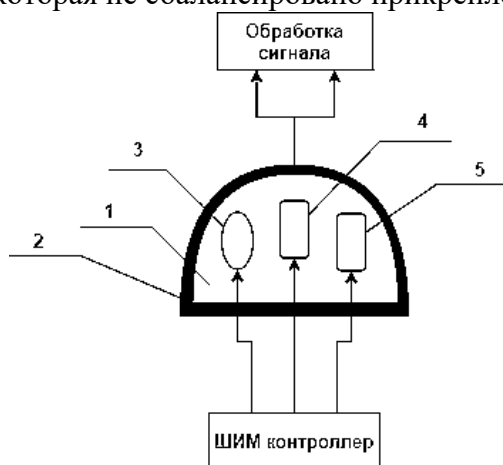


Рис. 1. Структурная схема макета;

- 1 – Вязкое тело макета; 2 – Внешний резиновый слой; 3 – ERM-мотор монетного типа;
4 и 5 – ERM-мотор стержневого типа

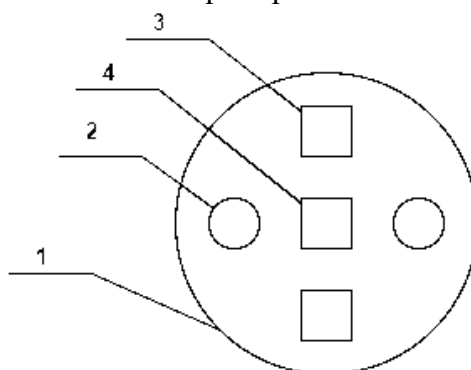


Рис. 2. Схема расположения моторов в теле макета;

- 1 – вязкое тело макета, 2 – ERM-мотор монетного типа, 3 и 4 – ERM-мотор стержневого типа

ШИМ-контроллер управляет работой моторов. ERM-моторы 3 и 5 генерируют полезный сигнал, который должен быть зарегистрирован датчиками с поверхности макета.

Сигнал двигательной активности плода лежит в частотном диапазоне от 0.5 Гц до 20 Гц, что подвергает его влиянию многочисленных шумов различной природы. Это должно учитываться при проведении исследований датчиков на физической модели, поэтому для генерации низкоамплитудного шума был введен дополнительный ERM-мотор 4, который расположен в центре тела макета. На рисунке 2 представлено расположение моторов в теле макета.

Такое расположение моторов позволяет исследовать эффективность (способность регистрировать сигнал), специфичность (регистрировать только полезный сигнал), а также рабочую область каждого отдельного датчика или системы в целом.

Как уже было сказано ранее работа моторов задается ШИМ-сигналом, который генерирует управляющий микроконтроллер. Для оценки эффективности датчика требуется исследовать его минимальную чувствительность на поверхности макета и минимальный шаг по амплитуде генерируемого сигнала, при котором датчик будет регистрировать изменение сигнала. Специфичность датчика будет оцениваться по его регистрации шума и артефактов. Чем меньше зарегистрировано шума, тем выше специфичность датчика и системы. Работа моторов в разных частях макета позволяет определить рабочую поверхность датчика, на которой будет регистрироваться сигнал. Чувствительность датчиков зависит от температуры, при которой происходит его работа, от состояния поверхности, от качества крепежа и т.д. Все это может быть без вреда проанализировано на разрабатываемом макете.

Для управления режимами работы моторов к микроконтроллеру были подключены две кнопки. Для экономии ресурсов памяти микроконтроллера отдельный режим для работы с шумом не разрабатывался. При нажатии кнопки №1 запускается первый режим работы моторов. В этом режиме происходит включение и плавное нарастание скорости вращения груза двух не соседних моторов, что вызывает увеличение амплитуды генерируемого сигнала. Нарастание сигнала управляется микроконтроллером, который задает изменение управляющего ШИМ-сигнала. При достижении максимальной скорости вращения груза, первая пара моторов отключается и включается вторая пара, которая также управляется плавно нарастающим ШИМ-сигналом. При работе моторов повторное нажатие первой кнопки включает или выключает мотор 4, который генерирует шум. В начале работы первого режима шум включен. При завершении цикла работы может быть выбран для продолжения работы тот же режим или второй режим. Алгоритм управления режимами работы моторов представлен на рисунке 3.

Второй режим запускается нажатием кнопки №2, при этом обе пары моторов, в отличие от режима №1, работают одновременно. Микроконтроллер генерирует плавно нарастающий ШИМ-сигнал, который управляет одновременно четырьмя моторами, которые генерируют полезный сигнал. При достижении максимальной скорости вращения груза, моторы отключаются, цикл работы второго режима завершается. Как и в первом режиме, повторное нажатие кнопки, запускающей работу второго режима, включает или отключает генерацию шума.

Разработка физической модели двигательной активности плода позволит проводить безопасные исследования систем регистрации без привлечения волонтеров, позволит изучать эффективность комбинаций различных датчиков, проводить исследования в условиях, которые могут повлиять на их нормальную работу: температура, влажность, статическое электричество. Кроме того, это позволит проводить первичные исследования системы с получением достоверных результатов, которые смогут быть использованы в даль-

нейшем в качестве доказательной базы эффективности методики для проведения дальнейших финальных испытаний на контрольной группе пациентов.

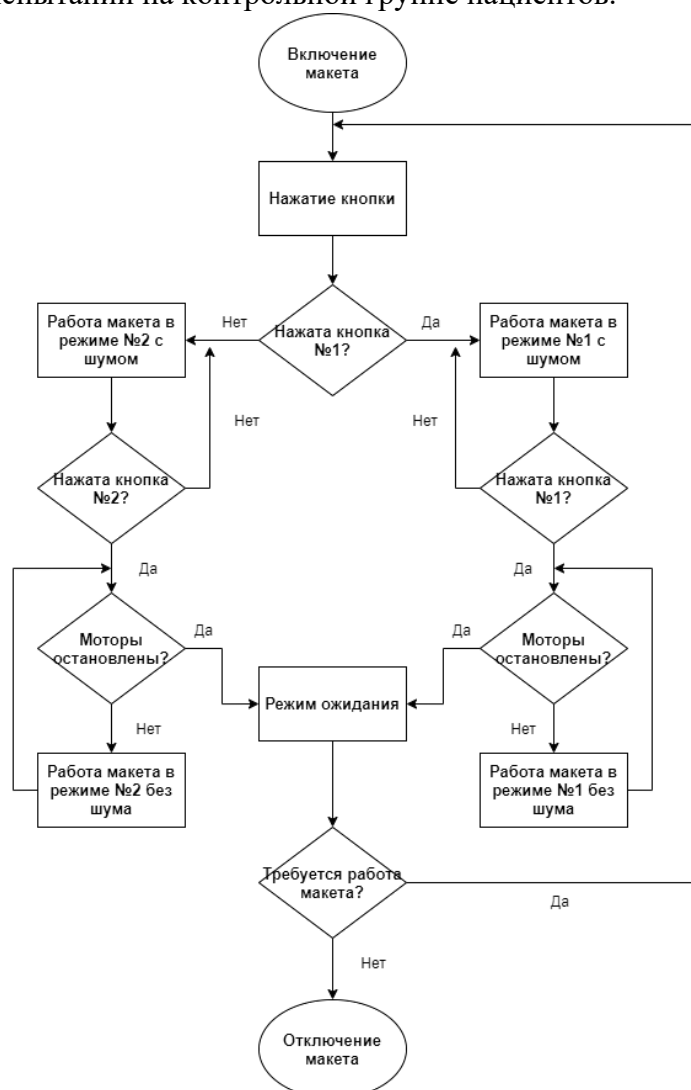


Рис. 3. Алгоритм управления работой моторов

Список литературы

1. Здоровоохранение в России. 2019: статистический сборник/Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Москва, 2019.-С 25.
2. В.И. Дуда. Акушерство – Минск: РИПО, 2013.-С 29.
3. M. Mesbah, M.S. Khlif, C. East. Accelerometer-based Fetal Movement Detection//IEEE – Boston, USA, 2011.
4. M. Altini, P. Mullan, M. Rooijackers. Detection of Fetal Kicks Using Body-Worn Accelerometers During Pregnancy: Trade-offs Between Sensors Number an Position// IEEE-2016.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА НА СУХИХ ЭЛЕКТРОДАХ

Д.А. ЕГОРОВ, О.А. МАЧУЛАН, Б.Э. АЛЕКСЕЕВ

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

Аннотация. Данная работа посвящена разработке прототипа электрокардиографа с применением технологии сухих электродов. Были подобраны необходимые электронные компоненты и определены параметры обработки сигнала. По итогу данной работы были предложены пути улучшения прибора, и были продемонстрированы сигналы, полученные с помощью прототипа.

Ключевые слова: электрокардиограмма, кардиограф, сухие электроды, интерфейсная микросхема.

Введение

Развитие электроники и распространение портативных устройств привело к увеличению популярности носимых кардиографов. Речь идет как о приборах медицинского применения (Холтеровские мониторы и кардиографы мобильных бригад скорой помощи), так и о личных устройствах для мониторинга ЭКГ пациентом. Однако одним из главных ограничений и недостатков в применении таких систем являются одноразовые электроды с токопроводящим гелем. Для наложения и фиксации электродов требуется некоторая сноровка и подготовка кожи (бритье и очистка). Также, долгий контакт токопроводящего геля с кожей может вызывать дискомфорт и раздражение. Необходимо, также, частая замена электродов, так как гель высыхает во время использования. Хорошей заменой классических “мокрых” электродов может послужить емкостной электрод, или, как его называют на сленге, “сухой” электрод.

Сухие электроды

Электроды, которые работают без геля, клея и не нуждаются в предварительной подготовке кожи, называются сухими. Сухие электроды обладают следующими очевидными плюсами:

- Работают без геля, клея или специальных растворов;
- Требуют меньше времени для подготовки исследования;
- Вызывают меньший дискомфорт;
- Могут быть интегрированы в различные повседневные системы;
- Могут быть напечатаны на 3D принтере.

Все типы сухих электродов имеют два главных недостатка: проблема согласования импедансов (плохая проводимость) и большая чувствительность к артефактам движения. Однако помехи от движения снижаются через несколько минут после наложения электродов из-за выделения пота. Также пот выступает в качестве электролита, который повышает проводимость и снижает сопротивление перехода кожа-электрод.

Устройство и его составляющие

Целью данной работы является разработка макета портативного кардиографа на сухих емкостных электродах. На данном прототипе отрабатываются методы соединения электродов с платой, а также проверяются различные параметры для создания программного

обеспечения. Эти электроды идеально подходят, например, для длительного ношения (в том числе, при Холтеровском исследовании). Основное их преимущество – способность работать через слой ткани, а также отсутствие необходимости подготавливать участок кожи к наложению на него электрода. В отличие от классических электродов, которые производят регистрацию напряжений, сухие электроды регистрируют емкостные параметры и, по сути, работают с электрическим полем.

По своей структуре, разрабатываемый прибор мало чем отличается от классического электрокардиографа. Прототип, изображенный на рисунке 1, состоит из следующих блоков:

1. Микропроцессор ATmega328 на базе Arduino Uno;
2. Аналоговый монитор сердечного ритма AD8232;
3. АЦП MCP3208 (12 бит);
4. Электроды из стеклотекстолита;
5. Управляющая кнопка.

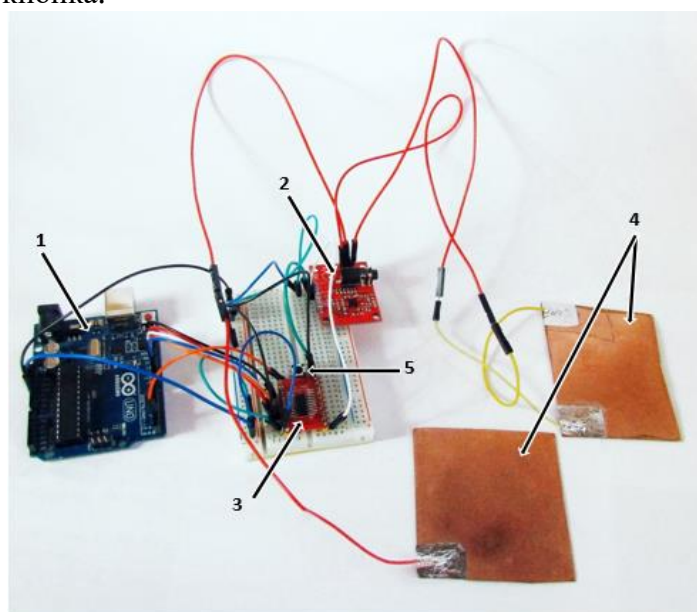


Рис. 1. Внешний вид прототипа электрокардиографа

В прототипе используются электроды из стеклотекстолитовых пластинок, которые являются простыми пассивными емкостными электродами.

Для регистрации ЭКГ используется аналоговый кардиомонитор AD8232, который представляет собой интегрированный канал регистрации электрокардиосигнала. Главной особенностью AD8232 является транскондуктивный инструментальный усилитель, выполненный на двух усилителях тока, что позволяет достичь высоких показателей в подавлении синфазной помехи. Из всех опробованных интерфейсных микросхем, AD8232 оказалась самой подходящей по своим характеристикам. Также она обладает RLD и позволяет получить аналоговый сигнал, с которым можно проводить различные преобразования.

ATmega328 имеет восемь встроенных 10-битных АЦП. Однако опыты показали, что данного разрешения может быть недостаточно для регистрации малоамплитудных сигналов. Для решения этой проблемы, на выходе модуля AD8232 был поставлен 12-битный АЦП MCP3208, который существенно повышает разрешающую способность прототипа.

Оцифрованный с помощью АЦП сигнал передается на микроконтроллер, где обрабатывается в соответствии с кодом программы (дрейф изолинии удаляется фильтром верх-

них частот с частотой среза 0,7 Гц, убираются сетевые наводки режекторным фильтром 50 Гц, а также миотонические помехи с частотой 35 Гц – фильтром нижних частот). Обработанный сигнал выводится на экран компьютера.

Полученные результаты

На рисунках 2 и 3 изображены полученные с помощью прототипа сигналы ЭКГ.

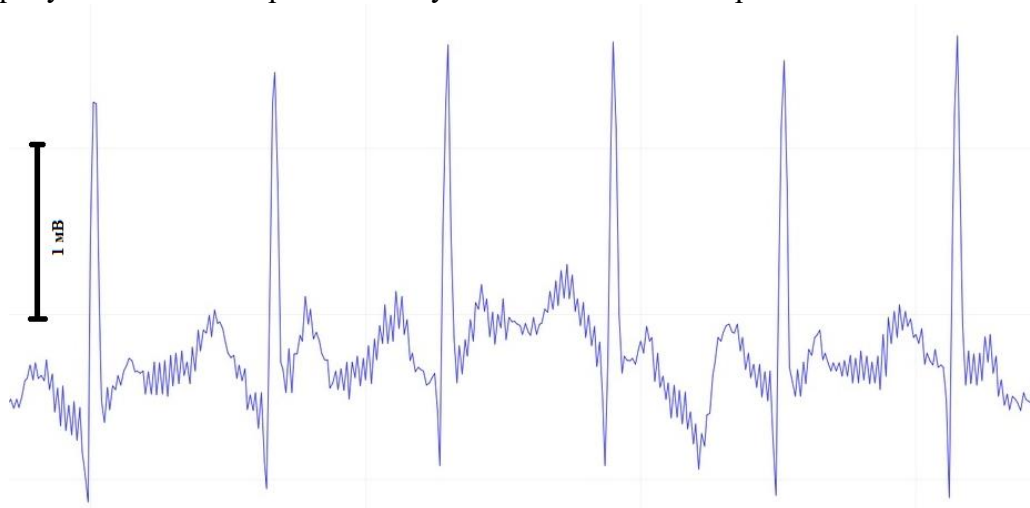


Рис. 2 Пример кардиограммы, снятой с помощью прототипа

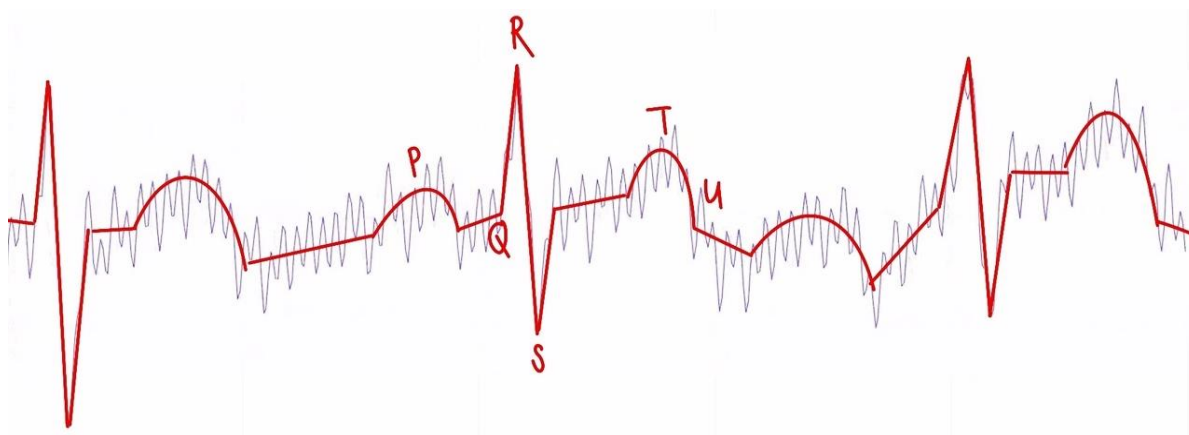


Рис 3. Пример кардиограммы, снятой с помощью прототипа, с выделенными P, Q, R, S, T, U зубцами

На полученных разработанным прибором сигналах определяются все существующие в кардиограмме комплексы, что видно на рисунке 3. На данный момент, точности сигнала хватает, чтобы, например, посчитать частоту сердечных сокращений, однако недостаточно, чтобы можно было однозначно выделить все зубцы и посредством этого определить те или иные патологии.

Более корректных результатов можно было бы достичь, используя более совершенные сухие электроды, а также экранированием для защиты от шумов и наводок от близкорасположенной техники.

Выводы

В настоящем отчете разработан прототип электрокардиографа, выполнена отладка и тестирование устройства, представлены графики получаемых сигналов. Развитие поставленной задачи требует дальнейших исследований по применению сухих электродов и по

технологиям их сборки, а также проведения последующего сравнительного анализа. Для увеличения эффективности и повышения точности устройства необходимо подобрать более эффективные методы фильтрации и обработки сигналов. Однако даже сейчас можно смело сказать, что данная технология позволяет повысить эффективность и комфорт применения носимых устройств для регистрации различных биопотенциалов.

Список литературы

1. D. D. Mehta, N. T Nazir, R. G. Trohman, and A. S. Volgman, “Single-lead portable ECG devices: Perceptions and clinical accuracy compared to conventional cardiac monitoring”, *Journal of Electrocardiology* 48 (2015), 710 – 716;
2. Patrique Fiedler, Jens Haueisen, Dunja Jannek, Stefan Griebel, Lena Zentner, Filipe Vaz and Carlos Fonseca, “Comparison of three types of dry electrodes for electroencephalography”, *ACTA IMEKO*, September 2014, Volume 3, Number 3, 33 – 37;
3. Deokwon Ko, Chany Lee, Eun-Joong Lee, Sang-Hoon Lee and Ki-Young Jung, “A Dry and Flexible Electrode for Continuous-EEG Monitoring Using Silver Balls Based Polydimethylsiloxane (PDMS)”, *Biomedical Engineering Letters*, March 2012;
4. Kyle E. Mathewson, Tyler J. L. Harrison, and Sayeed A. D. Kizuk, “High and dry? Comparing active dry EEG electrodes to active and passive wet electrodes”, *Psychophysiology*, 54 (2017), 74–82.;
5. Yun-Hsuan Chen, Maaïke Op de Beeck, Luc Vanderheyden, Evelien Carrette, Vojkan Mihajlovic, Kris Vanstreels, Bernard Grundlehner, Stefanie Gadeyne, Paul Boon and Chris Van Hoof, “Soft, Comfortable Polymer Dry Electrodes for High Quality ECG and EEG Recording”, *Sensors*, 14 (2014), 58-80.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ УЗЛОВ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.

А.Э. БОДРУНОВА, Е.С. СУЛОЕВА

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

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы метрологического обеспечения коммерческого узла учета тепловой энергии. Выявлены факторы, влияющие на точность измерений, проведено сравнение полученных значений относительной погрешности измерений с установленными требованиями Правил учета тепловой энергии.

Ключевые слова: учет тепловой энергии, метрологическое обеспечение, узел коммерческого учета тепловой энергии, относительная погрешность учета количества тепловой энергии.

В условиях рыночной экономики необходимо контролировать рациональность использования теплоносителя и осуществлять финансовые расчеты между энергоснабжающими организациями и потребителями тепловой энергии. Таким образом, становится актуальной точность учета отпуска и потребления тепловой энергии.

Для решения задачи учета теплоснабжения используются коммерческие узлы учета. Узел учета представляет собой совокупность устройств и средств измерения (далее СИ), направленных на измерение, накопление, хранение и отображение информации о температуре, давлении, объеме (массе) теплоносителя, количестве отпущенной и потребленной тепловой энергии, прошедшей через поперечное сечение трубопровода за единицу времени, и времени работы СИ.

Все СИ, входящие в состав узла учета (теплосчетчика), должны соответствовать техническим и метрологическим требованиям, установленным нормативными правовыми актами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), должны быть зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений и иметь свидетельство об утверждении их типа.

На стадиях жизненного цикла проектирования, изготовления и внедрения теплосчетчиков должно быть предусмотрено их метрологическое обеспечение. Метрологическое обеспечение (МО) СИ, применяемых для измерений тепловой энергии и параметров теплоносителя, включает в себя: нормирование и расчет метрологических характеристик теплосчетчика с учетом требований ГОСТ 8.009-84; разработку и аттестацию методики выполнения измерений тепловой энергии; разработку методики поверки теплосчетчика; испытания с целью утверждения типа теплосчётчика; метрологический контроль в форме поверки и калибровки СИ и теплосчетчика в порядке, установленном методиками поверки; надзор с целью обеспечения единства измерений [3].

В данной работе рассмотрен один из этапов МО - методика проведения испытаний с целью утверждения типа теплосчётчика и оценка относительной погрешности измерений тепловой энергии [2]. Суть испытаний – проверка возможности и правильности совместного функционирования подобранных СИ с целью подтверждения заявленной производителем точности измерения тепловой энергии.

Для нахождения пределов допускаемой относительной погрешности используется ком-плектный метод нахождения относительной погрешности измерительного канала тепло-счетчика с применением эталонных поверочных установок для первичных измерительных преобразователей, входящих в его состав [4].

Функциональная схема учета количества тепловой энергии представлена на рис.1.

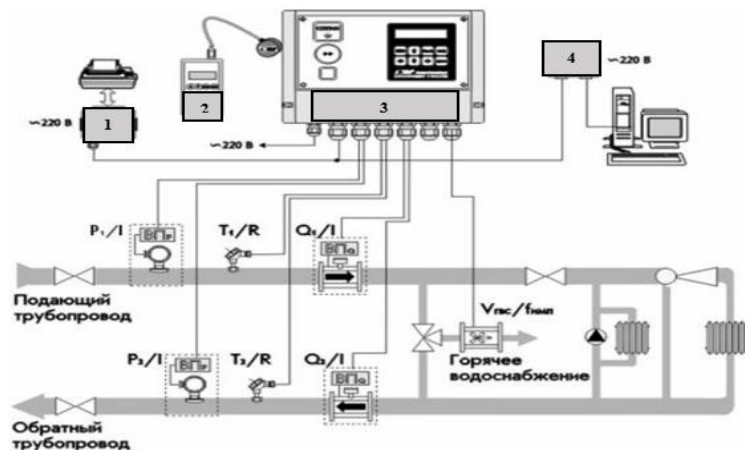


Рис.1. Схема учета количества тепловой энергии: 1-адаптер для подключения регистрирующих приборов к компьютеру, 2- накопитель для считывания и переноса на компьютер архивных данных с тепловычислителя, 3- тепловычислитель, 4 - адаптер для подключения тепловычислителя к компьютеру по интерфейсу RS485.

Испытания проводились на базе Ломоносовского отделения ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» с использованием государственного рабочего эталона 1 разряда единиц объема в диапазоне от 30 до 3000 дм³ и массы в диапазоне от 30 до 3000 кг, № 3.1.ZZB.0049.2015; термостатов жидкостных: ТЕРМОТЕСТ-100 № 706039, ТЕРМОТЕСТ - 150 № 726004 и эталонного термометра сопротивления ЭТС100/2, №17-08 3 разряда согласно ГОСТ 8.558-2009. Испытания проводятся при нормальных условиях.

Результаты испытаний считаются положительными, если значения δQ не превышают 5 % для $\Delta t = 10 \dots 20$ °C и 4 %, для Δt более 20 °C, где $\Delta t = (t_1 - t_2)$ - разность температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе [1], t_1 и t_2 – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно.

1. Рассмотрим закрытую систему теплоснабжения с подающим и обратным трубопроводами, и измерением расхода, на базе вихревого расходомера, в обратном трубопроводе.

Вихревой расходомер устанавливается на измерительном участке государственного рабочего эталона 1 разряда в соответствии с руководством по эксплуатации (РЭ) эталона расходомера. Давление теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах вводится как постоянное значение: $P_{\text{под}} = 0,6$ МПа, $P_{\text{обр}} = 0,4$ МПа. Задается температура воды на эталоне $t_3 = 40^\circ\text{C}$ с точностью измерения $\pm 1^\circ\text{C}$. Номинальная статическая характеристика (НСХ) платиновых термометров сопротивления 100П (подобранная пара), диапазоны измерений согласно паспортам на термометры. Прямые участки трубопровода до и после расходомера должны соответствовать эксплуатационной документации (ЭД) на расходомер.

Термостат жидкостной ТЕРМОТЭСТ-150 имитирует задаваемую температуру t_1 в подающем трубопроводе. Термостат ТЕРМОТЭСТ-100 имитирует температуру t_2 в обратном трубопроводе. Температура в термостатах контролируется с помощью эталонного термометра сопротивления ЭТС100/2. Термометры сопротивления из комплекта помещаются в термостаты и выдерживаются до достижения необходимых значений температуры,

глубина погружения согласно паспорту. На эталоне задается значение объемного расхода теплоносителя: $G_1 = 0.5 * G_{max}$. Датчики температуры и расхода подключаются к вычислителю в соответствии с РЭ.

Испытания проводятся с целью выявления зависимости между относительной погрешностью измерения количества тепловой энергии и разностью температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе Δt .

Количество тепловой энергии Q при заданном значении объемного расхода теплоносителя с $D_u = 50$ мм, энтальпии на подающем и обратном трубопроводах h_1 и h_2 соответственно: $Q = \rho_1 G (h_1 - h_2)$, где ρ_1 - плотность теплоносителя при t_1 .

При оценке погрешностей оперируем не исключёнными систематическими погрешностями измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$. Допустимые значения пределов относительной погрешности (%) для теплосчетчика класса С определяются по формуле в соответствии с ГОСТ Р 8.728-2010[2]:

$$\delta Q = \pm (2 + 4 * \frac{\Delta t_{н}}{\Delta t} + 0.01 * \frac{G_{max}}{G}),$$

где $\Delta t_{н}$ - наименьшее значение разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, Δt - измеряемое значение разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, °C, G_{max} - наибольшее значение расхода теплоносителя, м³/ч, G - измеряемый расход теплоносителя, м³/ч.

Результаты вычислений для закрытой системой теплоснабжения представлены в таблице 1.

Таблица 1

№	t ₁ , °C	t ₂ , °C	$\rho_1, \frac{кг}{м^3}$	$\rho_2, \frac{кг}{м^3}$	$h_1, \frac{ккал}{кг}$	$h_2, \frac{ккал}{кг}$	$\Delta t, °C$	$\delta Q, \%$	$Q, \frac{ккал}{ч}$
1	50	40	988,48	992,78	50,15	40,11	10	$\pm 2,03$	248124,1 $\pm$ 5036,9
2	55	40	986,06	992,78	55,15	40,11	15	$\pm 1,95$	370833,03 $\pm$ 7231,24
3	60	40	983,51	992,78	60	40,11	20	$\pm 1,91$	492930,3 $\pm$ 9414,9
4	70	40	978,04	992,78	70,17	40,1	30	$\pm 1,9$	734990,9 $\pm$ 13964,8

Из анализа полученных результатов, можно сделать вывод, что точность учета количества тепловой энергии в закрытой системе теплоснабжения в большей степени зависит от разности температур сетевой воды в прямом и обратном трубопроводах. При этом, чем больше значение Δt , тем меньше значение относительной погрешности.

1. Рассмотрим открытую систему теплоснабжения с измерением расхода в подающем и обратном трубопроводах.

Расходомеры, входящие в состав теплосчетчика, устанавливаются на соответствующие участки. Температура теплоносителя на подающем трубопроводе $t_1 = 60$ °C, на обратном - $t_2 = 40$ °C, точность установки температур ± 1 °C. Выдерживаем термостаты при заданных температурах до достижения заданной точности поддержания температуры. Задаем расход на подающем трубопроводе $G_1 = 0,5 * G_{max}$, на обратном $G_2 = 0,25 * G_{max}$, где $G_{max} = 50$ м³/ч; точность установки объемного расход ± 5 %.

Для УУТЭ с двумя расходомерами пределы допускаемой относительной погрешности измерений тепловой энергии δQ вычисляются по формуле в соответствии с ГОСТ Р 8.728-2010[2]:

$$\delta Q = \pm 1.1 \frac{\sqrt{(Q_1 * \delta Q_1)^2 + (Q_2 * \delta Q_2)^2 + (Q_{XB} * \delta Q_{XB})^2}}{Q_1 + Q_2 - Q_{XB}},$$

где $Q_1 = \rho_1 G_1 (h_1 - h_2)$ – тепловая энергии для закрытой системы водяного теплоснабжения; δQ_1 вычисляется в зависимости от класса теплосчетчика (см п.1);

$Q_2 = (\rho_1 G_1 - \rho_2 G_2) * h_2$ - тепловая энергия для однетрубной системы в обратном трубопроводе, где G_1 и G_2 – значения объемного расхода теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе соответственно; $Q_{ХВ} = \rho_{ХВ} * G_{ХВ} * h_{ХВ}$ - эквивалентна тепловой энергии для однетрубной системы ХВС.

Абсолютные погрешности измерений температуры и давления теплоносителя равны соответственно: $\Delta t_i = \pm (0,15 + 0,001 * t) ^\circ\text{C}$, $\Delta P_i = \pm 1 \%$.

Зададим значения давления теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе: $P_{\text{под}} = 0,6 \text{ МПа}$, $P_{\text{обр}} = 0,4 \text{ МПа}$. Результаты вычислений для открытой системой теплоснабжения представлены в таблице 2.

Таблица 2

№	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	$G_1, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	$G_2, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	G_2/G_1	$\delta Q, \%$	$Q, \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$
1	60	40	20	25	12,5	0,5	$\pm 1,91$	$918388,5 \pm 17541,2$
2	80	50	30	25	12,5	0,5	$\pm 1,95$	$1229743,4 \pm 22876,2$
3	60	40	20	25	15	0,6	$\pm 2,17$	$818838,3 \pm 17768,8$
4	60	40	20	25	17,5	0,7	$\pm 2,49$	$732287,5 \pm 18233,8$

Из анализа полученных результатов, можно сделать вывод, что в открытых системах теплоснабжения точность учета количества тепла в меньшей степени зависит от разности температур. Существенное влияние оказывает отношение объемного расхода теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе. При этом, чем больше значение отношения G_2/G_1 , тем больше значение относительной погрешности измерения.

В ходе проведения испытаний была определена относительная погрешность учета количества тепловой энергии для открытой и закрытой систем теплоснабжения. В результате расчёта на основе полученных экспериментальных данных была выявлена степень влияния параметров теплоносителя на значение относительной погрешности количества тепловой энергии для закрытой и открытой систем теплоснабжения.

Также, можно сказать, что испытуемый теплосчетчик обеспечивает точность измерений, с меньшей относительной погрешностью, чем установлена Правилами учета тепловой энергии [1].

В случае удовлетворительных результатов проведенных испытаний теплосчетчика Федеральное агентство по Техническому регулированию и метрологии выдает Свидетельство об утверждении типа СИ и вносит его в Государственный реестр средств измерения с соответствующим номером и сроком действия.

Список литературы

1. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя/ ГТ-683 Главгосэнергонадзор - М.: Изд-во МЭИ, 1995 - 68 с.
2. ГОСТ Р 8.728-2010 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Оценивание погрешностей измерений тепловой энергии и массы теплоносителя в водяных системах теплоснабжения.
3. ГОСТ Р 8.778-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений тепловой энергии для водяных систем теплоснабжения. Метрологическое обеспечение.
4. ГОСТ Р ЕН 1434-1-2011. Теплосчетчики. Часть 1. Общие требования.

СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.А. Юдин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Аннотация. Целью работы являлось определение степени внедрения систем дополненной реальности на приборостроительных предприятиях. В работе рассмотрены и проанализированы основные сценарии применения систем дополненной реальности на производстве. В результате проведенного исследования был определен существенный недостаток большинства работ по данной тематике – использование готовых AR-систем.

Ключевые слова: дополненная реальность, AR-инструкция, AR-система, цифровые технологии, обрабатывающее производство.

Современные тенденции развития промышленных предприятий усиливают значимость гибкости и способности к реорганизации производства, промышленность продолжает движение к Smart Factory. Одной из ключевых технологий является ПоТ, промышленный интернет вещей, который обеспечивает сопряжение и взаимодействие различного оборудования на производстве. И несмотря на стремление предприятий к полной автоматизации производства, человек все еще играет важную роль. Инструментом, который облегчит взаимодействие человека с “цифровым миром”, обеспечит его интеграцию, сделает огромные массивы данных более доступными и понятными для человека, может стать дополненная реальность.

Целью работы является исследование текущего состояния развития и степень применения дополненной реальности в обрабатывающей промышленности.

Дополненная реальность является комплексом технологий, состоящим из компьютерного зрения, Big Data, искусственного интеллекта, беспроводной связи, мобильных источников энергии и сенсоров. Р. Азума (англ. Ronald Azuma) определяет дополненную реальность, как систему, которая совмещает виртуальное и реальное, взаимодействует в реальном времени, работает с трехмерными объектами [1].

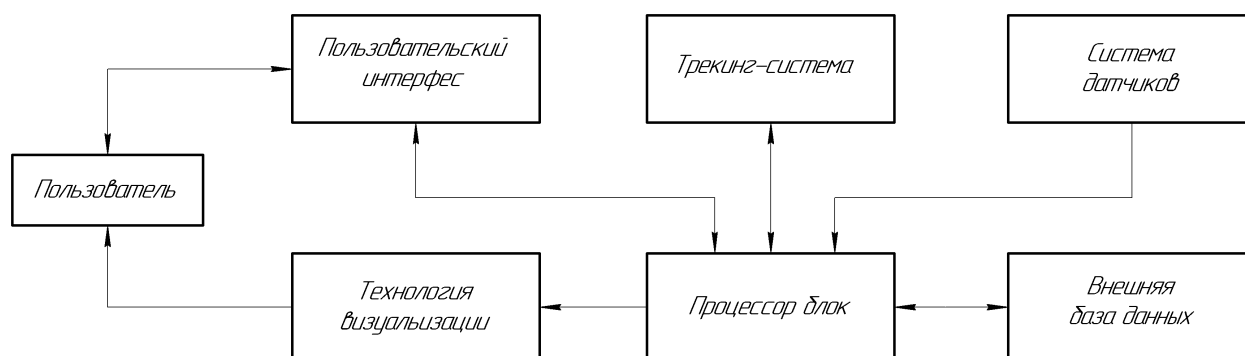


Рисунок 1 – Схема взаимодействия между элементами AR-системы

Основными компонентами AR-систем являются: технология визуализации, система датчиков, трекинг-система, процессорного блока и пользовательский интерфейс [2]. Взаимодействие между этими элементами представлены на рисунке 1. Стрелками показаны направления потоков данных.

На данный момент системы дополненной реальности являются перспективным направлением в цифровых технологиях [3]. Д. Еггер (англ. J. Egger) и соавт. в своем литературном обзоре [4] рассмотрели 96 работ в области дополненной реальности с 2011 по 2018 год и выделили следующие сферы применения систем дополненной реальности: техническое обслуживание, сборочные процессы, контроль качества, логистика и остальные (сферы применения).

Так, например, Д. Моуртисом (англ. D. Mourtis) и соавт. представлен подход визуализации технологического процесса гибки с помощью дополненной реальности [5]. Предлагаемый подход предполагает автоматическую генерацию AR-инструкций для работы на гибочном станке, на основе полученного G-кода из САМ-системы. Помимо поэтапного отображения получаемой геометрии, система отображает безопасную зону нахождения оператора и график производства, позволяет оценивать производительность сотрудника, путем отслеживания выполненных задач.

З. Зху (англ. Z. Zhu) и соавт. разработали схожую систему мониторинга данных о процессе обработки резанием на станке с ЧПУ с использованием HoloLens от Microsoft [6]. Описанная система позволяет отслеживать данные о положении оси, состоянии станка, информацию о режущем инструменте и времени его эксплуатации, силах и режимах резания, а также управлять станком с помощью жестов и голоса. Данные о процессе обработки оператор получает из цифрового двойника станка с ЧПУ в виде двухмерного изображения, наложенного на рабочую зону станка. Авторы также отмечают повышение внимания оператора к процессу обработки. Похожее исследование было проведено в источнике [7], где авторы также рассматривали возможности отображения информации о процессе обработки на фрезерном станке с ЧПУ.

У. Урбас (англ. U. Urbas) и соавт. предложили метод осуществления операции контроля с помощью дополненной реальности [8]. Авторами была описана проблема, при которой контролерам необходимо переключать внимание от физического объекта к чертежу, что может привести к ошибкам в измерениях. Согласно описанному в работе методу, контролер поэтапно производит измерения требуемых размеров и параметров, следуя AR-инструкции, которая дополняет физическую деталь размерами и требованиями из конструкторской документации, а также указывает, каким инструментом и как проводить измерения. При этом по ходу осуществления контроля размеров, автоматически формируется отчет с данными о детали. Данный метод позволяет уменьшить вероятность ошибки человека-контролера за счет концентрации внимания на измеряемых параметрах.

В тоже время, Д. Скурати (англ. G. Scurati) и соавт. разработали словарь универсальных графических символов для AR-инструкций по обслуживанию оборудования [9]. Авторы отмечают преимущества AR-инструкций над классическими печатными и цифровыми инструкциями, поскольку они не переключают внимание человека от обслуживаемого оборудования.

А. Хаитанен (англ. A. Hietanen) и соавт. была выявлена проблема мониторинга в реальном времени и обеспечения отображения безопасной зоны при совместной работе человека и промышленных кооперативных роботов [10]. В своей работе авторами было проведено сравнение двух систем дополненной реальности, одна из которых была основана на установке проектора, другая — на использовании носимых HoloLens. На основании проведенных экспериментов, авторы сделали вывод, что для работы с

коллаборативными роботами и отображения безопасной зоны наиболее подходящей является система, основанная на проекторе.

В поддержку пространственной дополненной реальности (Spatial Augmented reality (SAR)) также выступают М. Менгони (англ. M. Mengoni) и соавт. К достоинствам таких систем авторы относят безбарьерность и отсутствие необходимости применения носимых дисплеев [11]. Но стоит отметить, что сравнение проводилось между SAR-системой и основанной на LED-мониторах системой поддержки сборочных процессов. Предложенная SAR-система на основе пространственной дополненной реальности обеспечивает поддержку ручной сборки, предлагает технические инструкции, обладает функцией оповещения в случае возникновения рисков для человека, а также отслеживает позы человека при работе.

Во всех описанных работах, связанных с разработкой и внедрением специализированного программного обеспечения (ПО) на производстве, использовалась среда разработки компьютерных игр Unity 3D, а также программная платформа и инструментальный разработчик ПО дополненной реальности для мобильных устройств Vuforia.

В рамках проведенного исследования можно сделать вывод, что в рассмотренных работах, связанных с разработкой и проектированием AR-систем, авторами использовались готовые решения, адаптированные под конкретные случаи. Подобные исследования не дают развития дополненной реальности и не решают описанных проблем должным образом.

Список литературы

1. R. Azuma, A Survey of Augmented Reality. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments Volume 4, 1997. P. 355-385.
2. X. Wang, S. Ong, A. Nee. Multi-modal augmented-reality assembly guidance based on barehand interface. Advanced Engineering Informatics Volume 3, 2016. P. 406-421.
3. Дорожная карта развития “сквозной” цифровой технологии “Новые производственные технологии”. 2018. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6662/> (дата обращения: 1.02.2020)
4. J. Egger, T. Masood, Augmented Reality in Support of Intelligent Manufacturing — A Systematic Literature Review, Computers & Industrial Engineering Volume 140, 2019.
5. D. Mourtzis, V. Zogopoulos, I. Katagis, P. Lagios. Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm. Procedia CIRP Volume 70, 2018. P. 368-373.
6. Z. Zhu, C. Liu, X. Xu, Visualisation of the Digital Twin data in manufacturing by using Augmented Reality. Procedia CIRP Volume 81, 2019. P. 898-903.
7. C. Liu, S. Cao, W. Tse, X. Xu, Augmented Reality-assisted Intelligent Window for Cyber-Physical Machine Tools, Journal of Manufacturing Systems Volume 44, 2017. P. 280-286.
8. U. Urbas, R. Vrabič, N. Vukašinović. Displaying Product Manufacturing Information in Augmented Reality for Inspection. Procedia CIRP Volume 81, 2019. P. 832-837.
9. G. Scurati, M. Gattullo, M. Fiorentino, F. Ferrise, M. Bordegoni, A. Uva, Converting maintenance actions into standard symbols for Augmented Reality applications in Industry 4.0. Computers in Industry Volume 98, 2018. P. 68-79.
10. A. Hietanen, R. Pieters, M. Lanz, J. Latokartano, J. Kämäräinen, AR-based interaction for human-robot collaborative manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Volume 63, 2020.
11. M. Mengoni, S. Ceccacci, A. Generosi, A. Leopardi, Spatial Augmented Reality: an application for human work in smart manufacturing environment Procedia Manufacturing Volume 17, 2018, P. 476-483.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЧАСТОТ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК В РАЙОНЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

А.В. ХРАМОВ, Е.А. КОЗЫРЕВА

*Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье излагаются результаты исследования магнитного поля промышленных частот прибором «ИМП-05/1» в течение суток в районе конкретной трансформаторной подстанции. Результаты эксперимента соотносились с санитарными нормами и правилами.

Ключевые слова: электромагнитная безопасность, экологический мониторинг, трансформаторные подстанции, магнитное поле.

Трансформаторная подстанция (ТП) – это распределительное устройство, предназначенное для приема, преобразования и дальнейшего распределения электрической энергии. Основной частью подстанции является преобразующий элемент; этим элементом могут служить трансформаторы или другие преобразователи электроэнергии.[1] По назначению ТП бывают:

- повышающими (увеличивают выходное напряжение);
- понижающими (уменьшают выходное напряжение).

В обоих случаях ТП является источником электромагнитных полей. Металлические конструкции ТП при условии эффективного заземления надежно экранируют электрическое поле, однако защита от магнитных полей 50 Гц является более сложной задачей [3]. Чаще всего в этом случае применяется защита временем и расстоянием.

Уровень магнитных полей в районе городской ТП, преобразующей напряжение 10 кВ в 0,4 кВ, и послужило предметом исследования.

Таблица 1

Напряженность магнитного поля промышленных частот 50 Гц в зависимости от высоты

Этаж	Н, нТл			$\bar{H}$, нТл
2	130	140	120	130
3	150	160	170	160
4	90	100	100	97
5	70	90	80	80
6	70	60	70	67
7	50	60	70	60
8	90	70	60	73
9	80	60	80	73
10	30	40	40	37
11	50	60	40	50
12	50	40	70	53
13	40	30	40	37
14	40	30	50	40
15	60	40	30	43
16	30	40	40	37

Особенности распространения магнитного поля промышленных частот в течение суток были рассмотрены на примере ТП № 36825, расположенной в Красносельском районе СПб. При исследовании использовался прибор «ИМП-05/1». Блок прибора устанавливался так, чтобы центр его антенны находился в точке измерения. Измерения проводились на высоте 1,5 м и 0,5 м на расстоянии от 1 до 7 м с интервалом в 1 м по различным азимутальным направлениям, а также каждом этаже жилого дома, расположенного в 30 м от ТП каждый час в течение суток. Перекрытия жилого дома железобетонные, несущие стены панельные. Результаты натурных замеров напряженности магнитного поля на расстоянии до 30 м приведены в таблице 1. График зависимости напряженности магнитного поля промышленных частот от высоты представлен на рисунке 1.

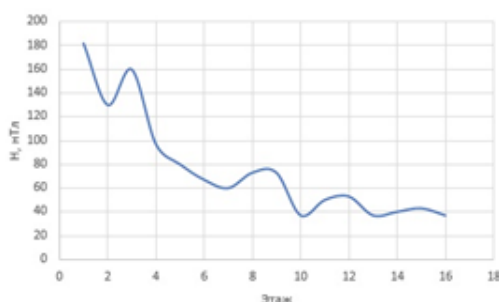


Рис. 1. График зависимости напряженности магнитного поля промышленных частот от высоты

На уровне третьего этажа можно заметить скачок значений. Такой результат может быть связан с вторичным магнитным полем металлических элементов конструкции дома.

Диаграмма контрольных точек, выбранных для измерения магнитного поля в районе трансформаторной подстанции, показана на рисунке 2. Измерения проводились только от 0° до 180°, так как с противоположной стороны ТП находится забор.

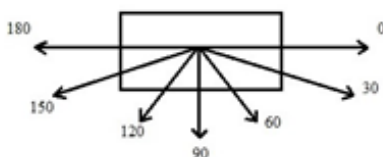


Рис. 2. Диаграмма контрольных точек измерения магнитного поля

Азимутальное распределение магнитного поля промышленных частот в районе трансформаторной подстанции показано на рисунках 3 и 4.

На расстоянии примерно 7 м заметно, что напряженность не зависит от азимута и приобретает близкие значения. Для будущих изменений, начиная с некоторого расстояния, будет достаточно провести одно измерение независимо от азимута. Результаты натурных замеров магнитного поля промышленных частот в течение суток приведены в таблице 2. Измерения проводились с интервалом в 1 час.

Таблица 2

Напряженность магнитного поля промышленных частот в течение суток

Время суток, час	Этаж			
	4	8	12	16
0-5	100	50	30	20
6-12	150	80	50	40
13-19	130	70	40	30
20-0	180	90	70	40

Графики зависимости магнитного поля промышленных частот от времени суток изображены на рисунке 5.

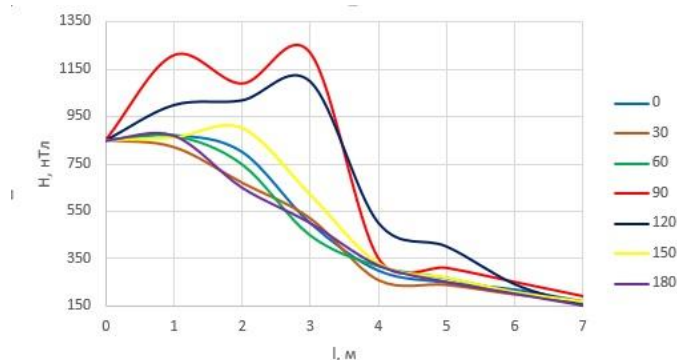


Рис. 3. Распределение магнитного поля трансформаторной подстанции на высоте 0.5 м от поверхности земли

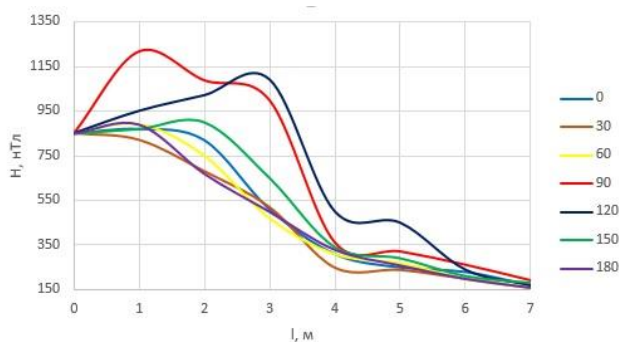


Рис. 4. Распределение магнитного поля трансформаторной подстанции на высоте 1.5 метра от поверхности земли

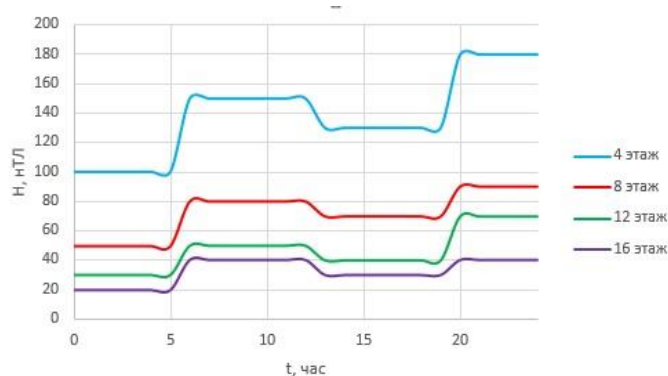


Рис. 5. Графики зависимости магнитного поля промышленных частот от времени суток

В районе трансформаторной подстанции находятся железные гаражи и железные двeри жилого дома, которые также являются источниками вторичных магнитных полей. Магнитное поле вблизи источника возрастает в несколько раз, что требует регулярных натурных замеров для контроля безопасности населения.

Выводы

Данное исследование показало, что магнитное поле имеет сложную структуру, как азимутально, так и вертикально. Наибольший в среднем уровень поля в вечернее время, когда происходит повышенная эксплуатация электроприборов и максимальное энергопотребление. Расчет уровня магнитного поля от вторичных резонаторов представляется

сложной задачей, поэтому эксперимент требует натурных замеров. Уровень магнитного поля промышленных частот на порядок ниже ПДУ (меньше 10000 нТл) [2]. Однако, замеры необходимы, так как трансформаторная подстанция находится на расстоянии меньше 30 метров от жилого здания, и вблизи источника вторичного поля уровень последовательно может возрасти в несколько раз.

Список литературы

1. Никольский В.В. Теория электромагнитного поля. Изд-е 3-е. М., Высшая школа, 1964. – 384-387 с.
2. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях.
3. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.

РАЗРАБОТКА РАДИОКАНАЛЬНОГО ДАТЧИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Д.В. ОГУРЕЦКИЙ

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

Аннотация. В статье рассматривается разработка радиоканального датчика потребления ресурсов, производящего счет импульсов, подаваемых на его вход, и обмен данными по радиоканалу с приемным устройством, производится анализ существующих решений, предлагаемых на российском рынке, выбор электронных компонентов, описание некоторых технических характеристик устройства.

Ключевые слова: радиоканальный датчик потребления ресурсов, АСКУЭ, АСТУЭ, ПИП, координатор, беспроводные технологии, печатная плата, приемопередатчик, микроконтроллер, стабилизатор.

Введение

Для некоторых предприятий в структуре себестоимости продукции большую долю составляют энергетические ресурсы и электроресурсы, которые необходимы для её выпуска. Для уменьшения этих затрат в себестоимости продукции необходимо контролировать с достаточной точностью потребляемые и производимые ресурсы. Для этих целей используются системы АСТУЭ и АСКУЭ. [1]

Для большинства систем АСКУЭ характерна трехуровневая структура:

1. Нижний уровень. Состоит из первичных измерителей, ведущих непрерывный учет потребляемых энергоресурсов и передачу данных на следующий уровень.
2. Средний уровень. Состоит из устройств сбора и передачи данных (УСПД) или маршрутизаторов, опрашивающих первичные измерители и пересылающих сгруппированные данные наверх.
3. Верхний уровень. Представляет центральный узел сбора данных, обеспечивающий хранение и обработку данных, поступающих со всех локальных УСПД, а также решение прикладных задач. [3]

Разрабатываемый датчик потребления ресурсов непосредственно относится к нижнему уровню структуры АСКУЭ. Часто эти устройства называют первичными измерительными приборами (ПИП), в качестве которых выступают электросчетчики, предоставляющие интерфейс доступа к информации по данной точке энергоучета.[4]

Анализ существующих решений на российском рынке

В таблице 1 представлены организации и предлагаемые ими радиоканальные датчики потребления ресурсов. Рассматривать будем только такие показатели:

1. Максимальная частота счета f , Гц;
2. Минимальная длительность импульса τ , мс;
3. Время работы (учет импульсов) от встроенного элемента питания T , лет;
4. Цена изделия P , руб;
5. Количество импульсных входов N , шт.

Из приведенной выше таблицы можно заключить, что по максимальной частоте счета импульсов выигрывает изделие от организации «вега-абсолют».

Минимальная длительность импульса у каждого изделия своя, она находится в диапазоне между 2,5-16 мс. Лучшие показатели у изделия от организации «вега-абсолют».

Таблица 1

Перечень организаций

Наименование организации производителя	Наименование изделия	f , Гц	τ , мс	T , лет	P , руб.	N , шт.
«Пульсар-МСК»	Счетчики импульсов - регистраторы «ПУЛЬСАР» исп.6 с радиointерфейсом IoT	50	10	6	2917	2
«Болид»	Адресный счетчик расхода радиоканальный «С2000Р-АСР2»	100	5 ¹	7 ²	1638	3 ³
«VALTEC»	Беспроводной счетчик импульсов VT.WLR.M2	31	16	12	2245	2
«Вега-Абсолют»	Вега СИ-11 - счётчик импульсов	200	2,5	0,76 ⁴	2572	4
«ЛИНЭРГО»	Счётчик импульсов геркон-4Б	—	—	2 ⁵	1960	4

Лучшее время работы (учет импульсов) от встроенного элемента питания имеет изделие организации «VALTEC». Худший показатель имеет датчик организации «Вега-Абсолют» — 0,76 лет или 277 дней.

Также стоит подчеркнуть, что время работы зависит от режима работы. Так, при уменьшении периода выхода на связь время работы устройства будет увеличиваться. И конечно на время работы влияет частота опроса импульсных входов, так как она определяет, какое время микроконтроллер будет находиться в режиме сна и, соответственно, сколько он будет потреблять в режиме подсчета импульсов. Некоторые

¹ На высокочастотном счетном выходе.

² При работе в режиме до 300 имп/час (83 мГц).

³ Два низкочастотных и один высокочастотный.

⁴ При периоде выхода на связь — раз в 5 минут.

⁵ При периоде выхода на связь — один раз в день.

устройства поддерживают изменение режима работы устройства. Так изделие организации «Болид» позволяет включать режим работы по подсчету импульсов с частотой следования не более 300 имп./час, что увеличивает время работы устройства от встроенного элемента питания.

Количество импульсных входов изменяется от 2 до 4.

Кончено, одним из самых важных критериев выбора подобных устройств является цена. По цене однозначно выигрывает изделие фирмы «Болид».

Реализация беспроводной технологии передачи данных

Изучив преимущества разных технологий [2], была разработана своя технология беспроводной передачи по протоколу «Риэлта-Контакт-Р», она и применяется в изделии.

Протокол «Риэлта-Контакт-Р» предназначен для организации обмена по радиоканалу датчиков в обособленной сети под управлением координатора (или устройства, выполняющего его функции) и взаимодействием через его посредство с системой, в состав которой вводятся данные устройства для обеспечения определенных функциональных и потребительских возможностей системы.

Радиоканал основан на модуле AXSEM AX5243 QFN20. Это беспроводной приемопередающий модуль.

Описание принципиальной схемы устройства и электронных компонентов

Изделие сделано на основе печатной платы существующего изделия «Ладога МК-РК» организации ЗАО «РИЭЛТА», соответственно большая часть элементов уже выбрана и установлена. Принципиальная схема изделия изображена на рисунке 1.

Изделие состоит из следующих компонентов:

1. Схема для согласования комплексного сопротивления приемопередатчика и антенны. Схема для согласования комплексного сопротивления радиомодуля и антенны с одним концом взята из документации на радиомодуль.

2. Цепь питания от батареи. Питание датчика осуществляется от литиевой батареи CR123A. Для защиты от неправильной подачи полярности питания используется полевой транзистор с изолированным затвором.

Цепь для программирования микроконтроллера и цепь индикации. Для программирования используется программатор pickit 3. Для того, чтобы подключить программатор к микроконтроллеру необходимо предусмотреть входную цепь.

В данной цепи также предусмотрены контакты «СБРОС», замыкая которые, можно сбросить привязку датчика к ППК и перевести в режим «Связывание». При замыкании контактов вход МК подтягивается к земле, в противном случае он подтянут к питанию.

Также в цепи используется микропереключатель (Тампер), нажатие на него приводит к подтягиванию входа МК к земле. Он необходим для индикации вскрытия корпуса датчика.

Для индикации используется 2 Диода Шоттки, подключаемых к МК.

3. Цепь измерения входных сопротивлений с микроконтроллером.

К входам можно подключать цепи со следующими типами замыкающих контактов:

- «сухой контакт»;
- «открытый коллектор».

Для защиты входной цепи от перенапряжений и выхода из строя микроконтроллера установлены стабилитроны.

Заключение

- Датчик имеет два входа для измерения и контроля количества импульсов.
- Предел допускаемой относительной основной погрешности, % от количества поданных импульсов, равен 0,01 %.
- Датчик фиксирует импульсы длительностью и с интервалом между импульсами не менее 16 мс.
- Датчик должен фиксировать импульс при изменении сопротивления на своем входе с высокого (более 3,9 кОм) на низкое (менее 3,2 кОм).
- Датчик позволяет контролировать нахождения значений счетчиков относительно заданных порогов, с последующей передачей извещений о переходах значениями счетчиков этих порогов по двуправленному радиоканалу в соответствии с протоколом «Риэлта-Контакт-Р» прибору приёмно-контрольному (далее – ППК).
- Датчик имеет несколько режимов работы: изменение направления счета для обоих входов отдельно, объединение счетчиков путем настройки счетчика второго входа на счетчик первого. Режимы могут быть изменены соответствующей командой от ППК.

- Продолжительность работы датчика при установленном периоде радиообмена 30 секунд и более, нормальных климатических условиях, не менее 30 месяцев.
 - Датчик имеет световую индикацию, в том числе для оценки качества связи.
- В данной работе приведены самые основные технические характеристики.

Список литературы

1. В Журнал «ИСУП» SCADA, АСУ ТП, контроллеры. Режим доступа: <https://isup.ru/articles/18/513/> (Дата обращения: 14.02.2020)
2. Поляков Игорь Юрьевич, Клименко Алексей Николаевич Обзор решений, используемых в коммерческих системах учета энергоресурсов для передачи данных в гетерогенных системах связи // Доклады ТУСУР. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-resheniy-ispolzuemyh-v-kommercheskih-sistemah-ucheta-energoresursov-dlya-peredachi-dannyh-v-geterogennyh-sistemah-svyazi> (дата обращения: 15.02.2020).
3. Зыков Дмитрий Дмитриевич Обзор комплексных решений в сфере учета ресурсов // Доклады ТУСУР. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-kompleksnyh-resheniy-v-sfere-ucheta-resursov> (дата обращения: 15.02.2020).
4. Мелких А.А. Исследование проблемы информационной безопасности АСКУЭ // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2016. № 6(27). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3307> (дата обращения: 15.02.2020).

РЯД ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ – АЭРОБИСТОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ПРОЦЕСС НА ПРИМЕРЕ УЧАЩИХСЯ СПБГЭТУ «ЛЭТИ»

А.Д. ТРОШЕВА

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

Аннотация. В статье рассмотрен ряд особенностей программы подготовки спортсменов – аэробистов при включении методов и приборов с биологической обратной связью в тренировочный процесс на примере учащихся СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Ключевые слова: биологическая обратная связь (БОС), спортивная аэробика, элементы структуры сеансов БОС

Часто спортсмену свою деятельность приходится реализовывать в экстремальных для организма условиях, что соответствующим образом сказывается на его психофизиологическом состоянии. В основе различных состояний психики человека лежит стресс, связанный с эмоциональными и интеллектуальными перегрузками. Преобладающее эмоциональное состояние (радость, чувство тревоги, грусть) – это тот фон, который сопутствует жизни человека со всеми её проявлениями и компонентами. Целью исследовательской работы является разработка новых экспериментальных методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов за счёт адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи (БОС). Исследование проводится несколько лет среди учащихся технического вуза, добровольно принимающих участие в эксперименте и имеющих разную подготовленность по виду спорта. Вид спорта – спортивная аэробика. В исследовании соблюдены все базовые принципы подготовки в спортивной аэробике, а именно:

1) техническая подготовка строится по принципу составления и освоения конкретных соревновательных композиций и постепенного расширения двигательного запаса;

2) развитие физических качеств планируется и осуществляется на основе предварительного тестирования и определения сильных и слабых мест в физической подготовке;

3) в полной мере проявляется принцип индивидуального подхода;

4) музыкально – ритмическая подготовка направлена на совершенствование музыкальных способностей, точности двигательно – ритмических действий согласно рисунку композиции. В исследовании ведётся упор на достижение результатов. Одной из основных задач подготовки спортсменов-аэробистов, наряду с оценкой эффективности подготовки, является снижение стрессовой напряженности и предупреждения ее последствий в ходе реализации тренировочного процесса. Решение данной задачи может быть достигнуто путем разработки системы поддержки принятия решений (СППР) спортивного врача (тренера, имеющего специальную подготовку), обеспечивающей эффективный контроль состояния здоровья спортсмена за счет адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи. В качестве биологического звена в БТС - организм человека в целом, поэтому необходимо обучить человека работе в этой системе, сформировать методические рекомендации.

Разрабатываемая система позволит осуществлять постоянный мониторинг тренировочного процесса и применять наиболее оптимальные стратегии тренировок. Для пользователя принцип реализации метода БОС в данном случае можно раскрыть следующим образом: принцип метода БОС основан на фундаментальном законе, гласящем, что эффективное функционирование любой биологической системы зависит от возврата информации о работе этой системы [1]. Метод БОС успешно применяется в профессиональной подготовке спортсменов в разных видах спорта. В течение курса БОС-сеансов возможно усилить или ослабить выбранный физиологический показатель, а, значит, уровень тонической активации той регуляторной системы, чью активность данный показатель отражает [2]. Обратная связь посредством контроля частоты сердечных сокращений считается самой популярной и широко используемой технологией, которая применяется в мировой спортивной практике. Как известно, в тренировке с использованием БОС существуют ступени, или этапы. Психологической подготовленности в исследовании уделено особое внимание: наглядность не только в данном случае повышает эффективность обучения – в основной тренировочный период личный пример и мастерство тренера и созданный видео – ряд с проработкой и воссозданием основных моментов исполнения соревновательной композиции способствует прорисовки ступени в тренировке с использованием БОС – моделирование. Мы хотим закрепить требуемый эмоциональный фон, положительный настрой, чувство уверенности, чтобы на ступени трансформации адаптировать полученные состояния и навыки к исполнению композиции в соревновательных конкурсах. По -сути существует возможность формирования психологии победителя. Дальнейшее совершенствование спортивных результатов возможно обеспечить за счёт применения биотехнической системы, использующей принципы БОС. Система работает «зеркалом», отражающим функционирование систем организма, дозатором нагрузки – того управляющего воздействия, которое необходимо для получения должного тренировочного эффекта. Кроме того, можно отметить, что при соответствующем наполнении базы данных, система может быть использована для оптимального функционирования зрительного анализатора

спортсмена, который также подвержен нагрузкам в тренировках. Что представляет собой система с точки зрения пользователя: повышается и сохраняется физиологический резерв, так как есть возможность максимально полезно применять резервы систем организма, более эффективно проводить восстановительные процессы. Должна быть достигнута психологическая готовность справиться с разнообразными стресс – факторами во время предстоящей соревновательной деятельности, сэкономлены временные ресурсы, неинвазивное получение информации по параметрам состояния систем. Полученные данные от испытуемого («играющего» тренера) и из баз данных, баз моделей анализируются соответственным образом, и тренер принимает решение об управляющем воздействии. Столь активное включение тренера в данное исследование позволяет мониторить процесс подготовки и минимизировать ошибочные действия при построении тренировочного процесса.

Список литературы

1. Вартанова Т.С. Сметанкин А.А. Метод биологической обратной связи: методологические основы//Биологическая обратная связь (обзор статей). Электронный научный журнал. – 2012. -№1. – с.144. [Электронный ресурс]. - URL: [http://service.biosvyaz.com/website/lit/JURNAL_BOS_\(2012\)_NEW.pdf](http://service.biosvyaz.com/website/lit/JURNAL_BOS_(2012)_NEW.pdf). (дата обращения 15.04.2020)
2. [Электронный ресурс]. - URL: <https://neurotech.ru> (дата обращения 18.04.2020)

РАЗРАБОТКА ПЕРЧАТКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ

К.А. АПАРИН, И.С. МАМАЕВ, И.С. ШАИМОВ, Е.С. СУЛОЕВА

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

Аннотация. В работе речь идёт о носимом устройстве в виде перчатки, с помощью которой можно взаимодействовать с телефоном, компьютером, интернетом вещей и устройствами с ИК приёмниками. Устройство сравнивается с существующими технологиями.

Ключевые слова: *смарт перчатка, носимое устройство ввода-вывода, перчатка, управление устройствами.*

В современном мире очень много устройств, с которыми взаимодействует человек, он делает это с помощью пультов, кнопок, сенсорных экранов, голоса и жестов. Поэтому, с увеличением устройств и развитием интернета вещей, появляется потребность создания универсального пульта.

Уже существуют решения: с помощью голосовых помощников и приложений для телефона, например, голосовой помощник Алиса от компании Яндекс, при чём Алиса, встроенная в Яндекс.Станцию, имеет расширенный функционал; голосовой помощник от Apple Siri может выполнять множество задач по управлению телефоном и поиску информации в интернете, нельзя не заметить и Google Assistant: голосового помощника от компании Google, приложение для телефона SURE Universal Remote и Mi пульт, которые с помощью инфракрасного датчика в телефоне и Wi-Fi могут управлять устройствами.

Наше устройство может выполнять различные задачи: переключать плеер на телефоне, взаимодействовать с программами на компьютере, управлять бытовой техникой в доме, обмениваться информацией с интернетом вещей. Именно поэтому наше устройство подойдёт как для инженеров, желающих улучшить свою продуктивность путём более быстрого взаимодействия с техникой, так и для обычных обывателей, стремящихся уменьшить рутинные действия в своей жизни.

Мы предлагаем перчатку, с помощью которой можно будет взаимодействовать как с устройствами с инфракрасным приёмником, так и с устройствами, использующими технологии Wi-Fi и Bluetooth. Особенность нашей перчатки в том, что у неё не будет пары. Мы считаем, что с поставленными задачами вполне справится одна перчатка. Устройство идёт в комплекте с браслетом, который сможет измерять ваше сердцебиение.

Отличительная особенность, по сравнению с голосовыми помощниками от Яндекс и Google, нашего устройства состоит во-первых, в скорости взаимодействия с устройствами: проще сделать несколько жестов рукой, чем сказать несколько голосовых команд и ждать, пока компьютер обработает их; во-вторых, в возможности придумать свой жест под какое-нибудь действие; в-третьих, перчатка сделана так, чтобы как можно больше частей руки были открыты.

Сейчас мы уже на этапе создания прототипа и его тестов (см. на Рис.1).



Рис. 1. Первый прототип перчатки

Концепт перчатки вы можете рассмотреть на рис. 2-3.

Перчатка состоит из 11 датчиков (один из них изображён на Рис. 4.), сделанных из токопроводящей фольги и велостата между ними, которые отслеживают сгибание пальцев, микроконтроллера, аккумулятора, ИК датчика, датчика Wi-Fi, пульсометра, датчика Bluetooth (смотрите на рис. 5). Уже были успешно проведены эксперименты с датчиками и обработкой сигналов на микроконтроллере. Сейчас идёт работа над улучшением датчиков за счёт более плотного прилегания элементов в датчике и гибкости датчика в целом, а также над разработкой приложения для телефонов.

Датчики из велостата при сгибании пальцев меняют сопротивление [2], специальные микросхемы считывают изменение сопротивления и отправляют это в микроконтроллер [1], он принимает данные, определяет тип жеста: для инфракрасного приемника, для те-

лефона, для компьютера, - и отправляет соответствующий сигнал, так для телефона он может отправить как Bluetooth, так и Wi-fi сигнал, это определяется предпочтениями пользователя.

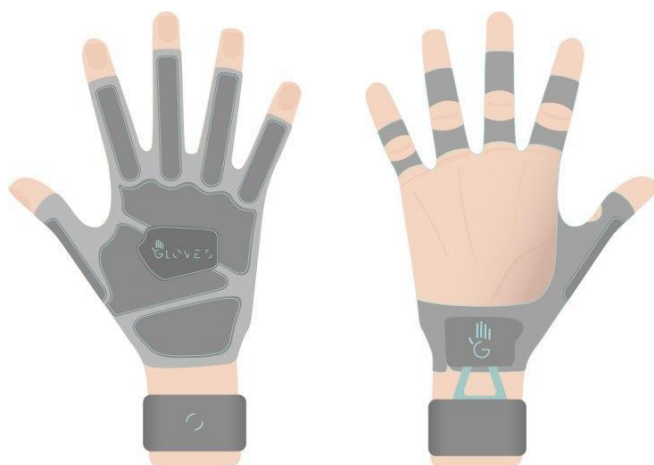


Рис. 2. Верхняя и нижняя стороны руки

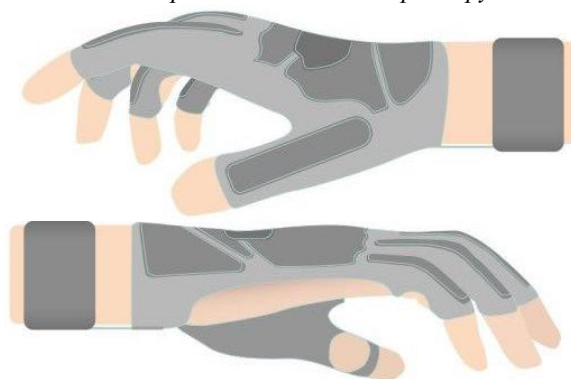


Рис. 3. Левая и правая стороны руки

В дальнейшее планируется развитие работы направлено на создание приложения для телефона и компьютера, которое будет обрабатывать сигналы, поступающие с перчатки и выполнять действия.

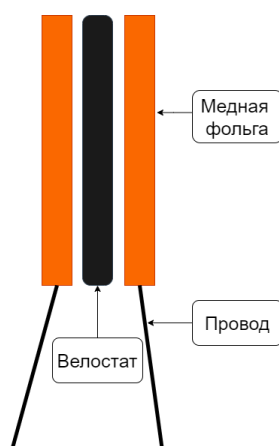


Рис. 4. Схема датчика.

Обобщая выше сказанное, хочу сказать, что наш проект направлен на увеличение скорости взаимодействия человека с технологиями и уменьшение рутинных действий в жизни человека, с помощью носимого устройства в виде перчатки. Как сказал Жак Фреско:

«Если технология не освобождает людей от рутины, чтобы они могли преследовать более высокие цели человечества, тогда весь технический прогресс бессмысленен.»

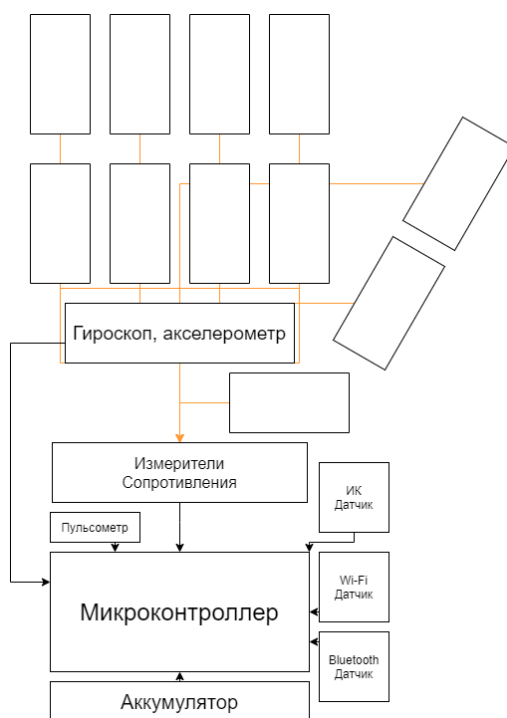


Рис. 5. Схема перчатки.

Список литературы

1. Кашкаров А.П. «Микромеханические системы и элементы».
2. Elisabetta Farella «Force Sensing Resistor and Evaluation of Technology for Wearable Body Pressure Sensing».

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ/ МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

А.Ж. БАКЕНОВ

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

Аннотация. В данной статье рассматривается система управления четырёхколёсным наземным роботом с рулевым управлением Аккермана, механика которого соответствует механике полноприводного автомобиля в масштабе 1:8. Система управления представляет собой две части: система управления приводами, основанная на классических подходах теории автоматического управления, и система компьютерного зрения, которая обеспечивает формирование управляющих сигналов на основе информации, полученной с камеры при распознавании цветowych меток в пространстве.

Ключевые слова: беспилотные наземные транспортные средства, замкнутая система управления, компьютерное зрение

Введение

Современный мир становится свидетелем эпохи беспилотных автомобилей и систем помощи водителям в связи с развитием разнородных датчиков, технологий компьютерного зрения и машинного обучения [1]. Существующие беспилотные автомобили используют лидар в качестве основного “источника зрения”, но датчики с высоким уровнем точности требуют крупных финансовых затрат. Альтернативой может служить комплексная система компьютерного зрения, подкреплённая системой датчиков. Использование камер и алгоритмов распознавания, позволяют анализировать окружающую среду и формировать сигналы управления для более низкоуровневых систем [2].

Целью данной работы является разработка двухуровневой системы управления позволяющей мобильному роботу следовать в реальном времени за определённой цветовой меткой с использованием технологий компьютерного зрения. Впоследствии планируется увеличить надёжность и устойчивость системы компьютерного зрения, а также расширить набор распознаваемых цветowych схем.

Архитектура системы управления

Объектом управления служит четырёхколёсный мобильный робот с рулевым управлением Аккермана (рис. 1).

Механика данного робота повторяет механику полноприводного автомобиля в масштабе 1:8, управление рулевым приводом и приводом главного движения осуществляется на базе 32-битного микроконтроллера STM32F767ZI, взаимодействие с системой компьютерного зрения осуществляется по физическому интерфейсу USB.

Система управления состоит из двух уровней:

- 1) Нижний уровень управления реализован на базе микроконтроллера STM32F767ZI Nucleo, который осуществляет формирование сигналов управления рулевым приводом (сервопривод) и скоростным движением (бесколлекторный двигатель постоянного тока). Положение сервопривода определяется при помощи встроенного датчика угла, а скорость вращения ДПТ с помощью, установленного на его валу оптического энкодера.
- 2) На верхнем уровне управления реализован алгоритм компьютерного зрения на базе ноутбука, в дальнейшем планируется использовать более компактный одноплатный компьютер, например, Raspberry Pi или Intel NUC. При разработке алгоритма распознавания цветовой метки был использован язык Python3 (библиотека OpenCV).



Рис 1. Беспилотный мобильный робот

На рисунке 2 представлена архитектура системы управления движением мобильного робота.

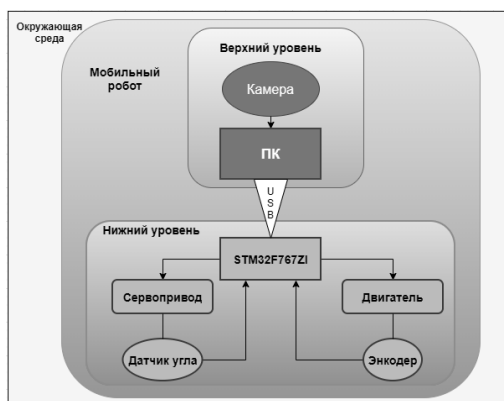


Рис 2. Архитектура системы управления

Таким образом, обрабатывая изображения с камеры, а именно распознавая определённую цветовую метку (схему), компьютер формирует сигнал для микроконтроллерной системы управления и тот, в свою очередь, подает сигналы управления на сервопривод и двигатель.

Система управления мобильным роботом

Для управления углом поворота сервопривода и скоростью вращения двигателя был реализован пропорционально-интегральный-регулятор (ПИ-регулятор). Учитывая тот факт, что мобильный робот представляет собой сложный и нелинейный объект, коэффициенты регулятора были подобраны эмпирическим путём в результате испытаний, поскольку их расчёт является довольно трудоёмкой задачей.

Система верхнего уровня отправляет сигнал микроконтроллеру с указанием повернуть рулевые колёса на определённый угол влево или вправо. При отсутствии или неудачном распознавании цветовой метки, формируется сигнал на остановку робота. Как только

цветовая метка локализована, отправляется сигнал для начала движения. Маркером для распознавания служит красный круг радиусом 10 см на белом фоне.

Основной задачей робота является поддержание координаты центра фигуры в центре экрана и следовать за маркером. В случае, если маркер расположен очень близко к камере или, напротив, находится на очень большом расстоянии от неё, мобильный робот совершает остановку, продолжение движения возможно только тогда, когда система сможет снова распознать фигуру.

Так как отличительными характеристиками маркера являются цвет и форма, то распознавание его в пространстве осуществляется с помощью следующих методов:

1. Поиск по цвету. Исходное изображение представлено в цветовом пространстве RGB. В таком цветовом пространстве поиск красного цвета потребует анализа трёх составляющих, при этом изменение R составляющей повлияет на значения G и B, что усложняет определение пороговых значений. Поэтому целесообразно использовать цветовое пространство HSV (Hue, Saturation, Value), в котором эффективность выделения красного цвета значительно выше, нежели чем в RGB [3]. При обработке изображения цвет исследуемого предмета может быть неравномерен, поэтому был задан диапазон допустимых значений по каждому из трёх компонентов цветового пространства: $H = [0, 209]$, $S = [134, 174]$, $V = [144, 188]$.

2. Фильтрация шумов на изображении .

2.1. Фильтр Гаусса позволяет осуществить размытие/сглаживание изображения, тем самым уменьшая шум на нём [4].

2.2. Морфологические преобразования [5]. В работе были использованы два преобразования: сужение (erosion) - свертка изображения, ядро которого вычисляет локальный минимум, который перекрывает ядро, и расширение (dilation) - свертка изображения, ядро которого вычисляет локальный максимум, перекрывающий ядро.

1. Поиск по форме, а именно преобразование Хафа - это метод, использующийся для выделения элементов определенной формы на изображении, таких как окружности, линии, эллипсы и тд. [6]. Для поиска использовалось уравнение окружности. Данный метод сначала осуществляет определение замкнутых контуров при помощи детектора границ Кенни, затем производит расчёт градиента, после чего собирает и хранит в памяти все точки обнаруженной границы (список 1) и потенциальных центров окружности (список 2), далее осуществляет расчёт расстояния от точки из списка 2 до каждой точки из списка 1 и в конце концов возвращает «лучший» радиуса для каждого центра.

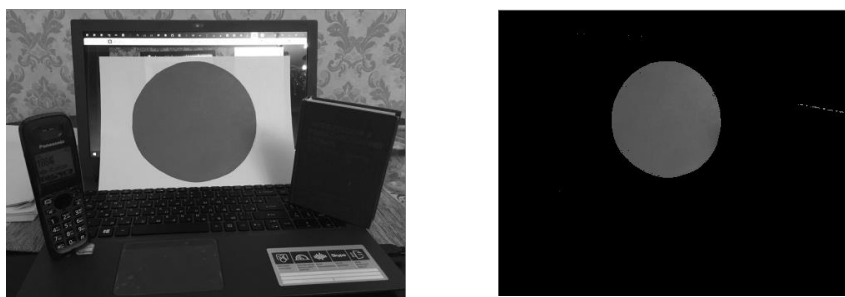


Рис. 6. Фильтрация по цвету

Результат работы цветового фильтра с установленными пороговыми значениями представлен на рисунке. 6.

После осуществления фильтрации по цветовому признаку, осуществляется фильтрация по форме, а именно применяется преобразование Хафа (в случае попадания в область видимости красных некруглых объектов большой площади). Результаты применения метода Хафа представлен на рисунке 7.



Рис. 7. Детектирование маркера

При разработке системы управления были приняты следующие допущения:

- робот осуществляет движение по однородной поверхности;
- проскальзывание колёс – отсутствует;
- распознавание происходит внутри закрытого помещения с постоянным освещением;
- в области видимости отсутствуют предметы, идентичные заданной цветовой метке (т.е. отсутствуют большие красные окружности).

Заключение

В данной работе система верхнего уровня осуществляет распознавание цветовой метки (красный круг на белом фоне) и формирует сигнал управления, который отправляется на нижний уровень (микроконтроллерная система управления), где реализована замкнутая система управления рулевым приводом и приводом главного движения. Представленный алгоритм распознавания цветовой метки позволяет распознавать не только окружности, но и другие простые формы. Однако важным фактором, влияющим на работоспособность системы, является уровень освещённости и его вариации. Чтобы сделать систему более устойчивой к изменениям окружающей среды необходимы дальнейшие исследования и доработка алгоритма распознавания меток.

Список литературы

1. Wang L; Horn B.K.P. Time-to-Contact control for safety and reliability of self-driving cars // International Smart Cities Conference (ISC2), 14-17 Sep 2017.
2. J. Choi, K.W. Min, Y.S. Lee, “An intelligent parking platform of neighborhood EV for autonomous mobility service,” Springer Science-Business Media New York, 2014.
3. Sharmistha T, Chatterjee S. Efficient removal of noise from an image using HSV filtering // Global Conference for Advancement in Technology (GCAT) Bangalore, India. Oct 18-20, 2019
4. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications, 1st ed. 2010
5. Plaza A, Martinez P, Plaza J, Perez R. Dimensionality reduction and classification of hyperspectral image data using sequences of extended morphological transformations // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 43 (3), 2005, p. 466 - 479
6. Thomas A.D.H. Compressing the parameter space of the generalized Hough transform // IEEE Colloquium on Hough Transforms, 2006

КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ DUCTED FAN

В.В. ВАРКЕНТИН, В.Б. ФЕДОРОВ

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Политехнический институт

Аннотация. Сегодня в авиации растет использование летательных аппаратов с электродвигателями и широкое применение цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла изделий. В статье представлен опыт разработки конструкции беспилотного летательного аппарата с вертикальным взлетом типа Ducted Fan на базе современных бесколлекторных электродвигателей.

Ключевые слова: Ducted fan, БПЛА, вертикальный взлет

На сегодняшний день многие группы ученых работают над созданием различных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), способных помогать в решении различных задач. Область применения БПЛА постоянно расширяется. Уже сейчас использование этих разработок внедряется в деятельность различных военных и гражданских организаций [1]. Например, в военной сфере БПЛА используются для разведки и при различного рода учениях. Также беспилотные летательные аппараты используют для обнаружения лесных пожаров и исследования сложно доступных людям территорий.

Благодаря работам исследователей уже сформировались типовые конструкции БПЛА, зависящие от их назначения [1]. В данной работе рассматривается конструкция летательного аппарата типа Ducted Fan – летательный аппарат с возможностью вертикального взлета. Отличительной особенностью данного БПЛА является наличие в конструкции кольцевого обтекателя (кожуха), внутри которого вращаются лопасти винта двигателя. Такая концепция расположения винтов в конструкции называется «винт в кольце».

На рис. 1а показаны три основных составляющих конструкции «винт в кольце»: кольцевой обтекатель, двигатель и воздушный винт (или вентилятор). Иногда, двигательные установки, выполненные по данной схеме, называются импеллерами [2].

Основными преимуществами данной концепции является более безопасная компоновка элементов конструкции БПЛА, а также прирост максимальной тяги летательного аппарата до 20% без повышения мощности двигателя и изменения размеров винта [3]. Воздух, подсасываемый винтом, обтекает верхнюю поверхность кольца, вследствие чего на ней возникает разрежение и создается подъемная сила [4].

В общем случае, кольцевой обтекатель состоит из 3 основных частей [5]: коллектор, диффузор и переходный участок (рис. 1б). Коллектор спрофилирован по дуге окружности или лемнискаты Бернулли. Диффузор чаще всего имеет цилиндрическую или коническую форму. Переходный участок соединяет эти две части профиля кольца вместе и, как правило, имеет форму цилиндра, в середине которого располагается плоскость вращения винта.

Для эффективной работы кольцо должно обладать определенными геометрическими параметрами [6]. Радиус скругления коллектора r_k должен быть не менее 20% от радиуса винта R_v . Диффузор должен иметь высоту $H_d = 0,5R_v$ или более. Угол раскрытия конического диффузора не должен превышать 12° . Радиальный зазор между концом лопасти винта и стенкой обтекателя рекомендуется выбирать около 1% от радиуса винта, т.е. $R_v = 0,99R$, где R – радиус проточной части кольцевого обтекателя в плоскости винта.

Далее представлен разработанный БПЛА Ducted Fan. Его конструкция – модульная, позволяющая быстро заменить поврежденные или пришедшие в негодность компоненты (например, батарейный отсек при разряде аккумулятора).

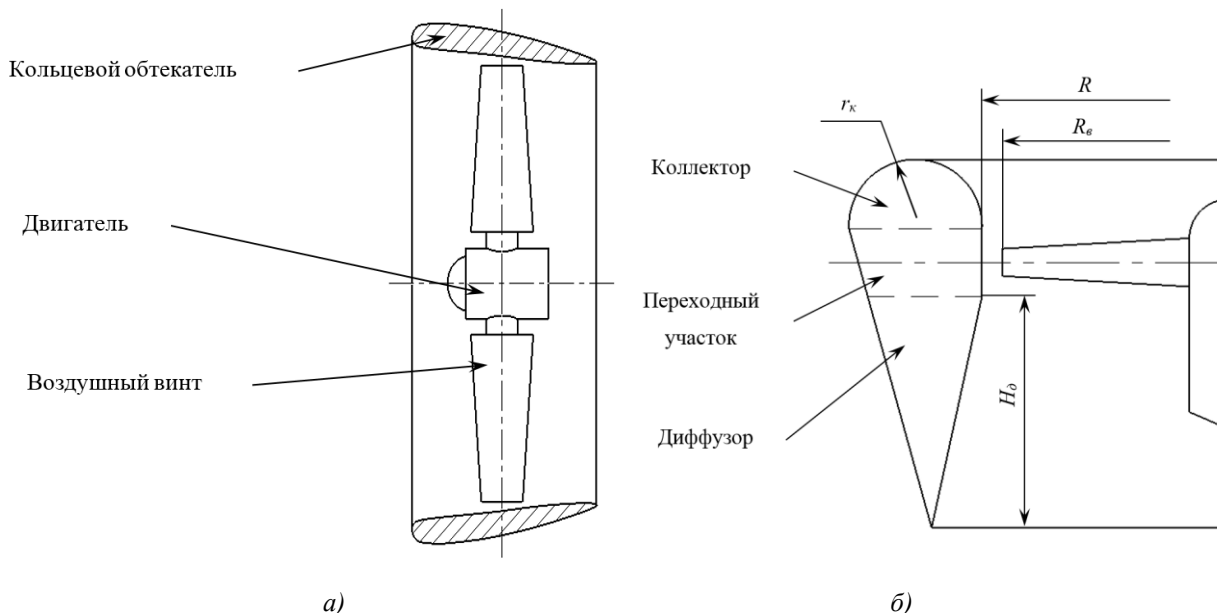


Рис. 1. Концепция «винт в кольце»:

а – двигательная установка «винт в кольце»; б – конструкция кольцевого обтекателя

Разработанный БПЛА состоит из следующих модулей и компонентов.

1. Двигательный модуль. В него входит элемент корпуса, в котором закреплено два двигателя, оси вращения роторов которых совпадают.
2. Кольцевой обтекатель, назначение которого – увеличить суммарную тягу аппарата.
3. Рулевой модуль. В нем закреплены сервомашинки, управляющие отклонением рулей управления БПЛА.
4. Батарейный отсек. В корпусе этого модуля крепится аккумуляторная батарея, обеспечивающая питание электронных компонентов БПЛА.
5. Электронные компоненты: автопилот, средства коммуникации с наземной станцией управления (НСУ), системы управления двигателями, сигнальные и питающие кабели, дополнительная электроника (видеокамера и средства передачи видеоинформации на НСУ).
6. Элементы крепления, нижний обтекатель, рули и дополнительные стабилизаторы.

На рис. 2а показан двигательный модуль БПЛА, в конструкцию которого входят двигательная установка (пара бесколлекторных электродвигателей, оси вращения роторов которых совпадают), воздушные винты (показаны условно, так как количество лопастей может быть большим), регуляторы работы электродвигателей и корпус, в котором перечисленные компоненты закреплены.

На рис. 2б показано, как должен располагаться кольцевой обтекатель в конструкции: плоскости вращения воздушных винтов находятся внутри кожуха.

На рис. 2в показан рулевой модуль. В корпусе данного элемента располагаются 4 сервомашинки, управляющие рулями БПЛА. Этот модуль стыкуется с двигательным модулем, который в свою очередь соединен с дополнительными элементами крепления рулей (см. рис. 2г).

Полная модель конструкции БПЛА, без учета закрепления в ней автопилота, системы связи с НСУ и некоторых дополнительных крепежных элементов, показана на рис. 2д.

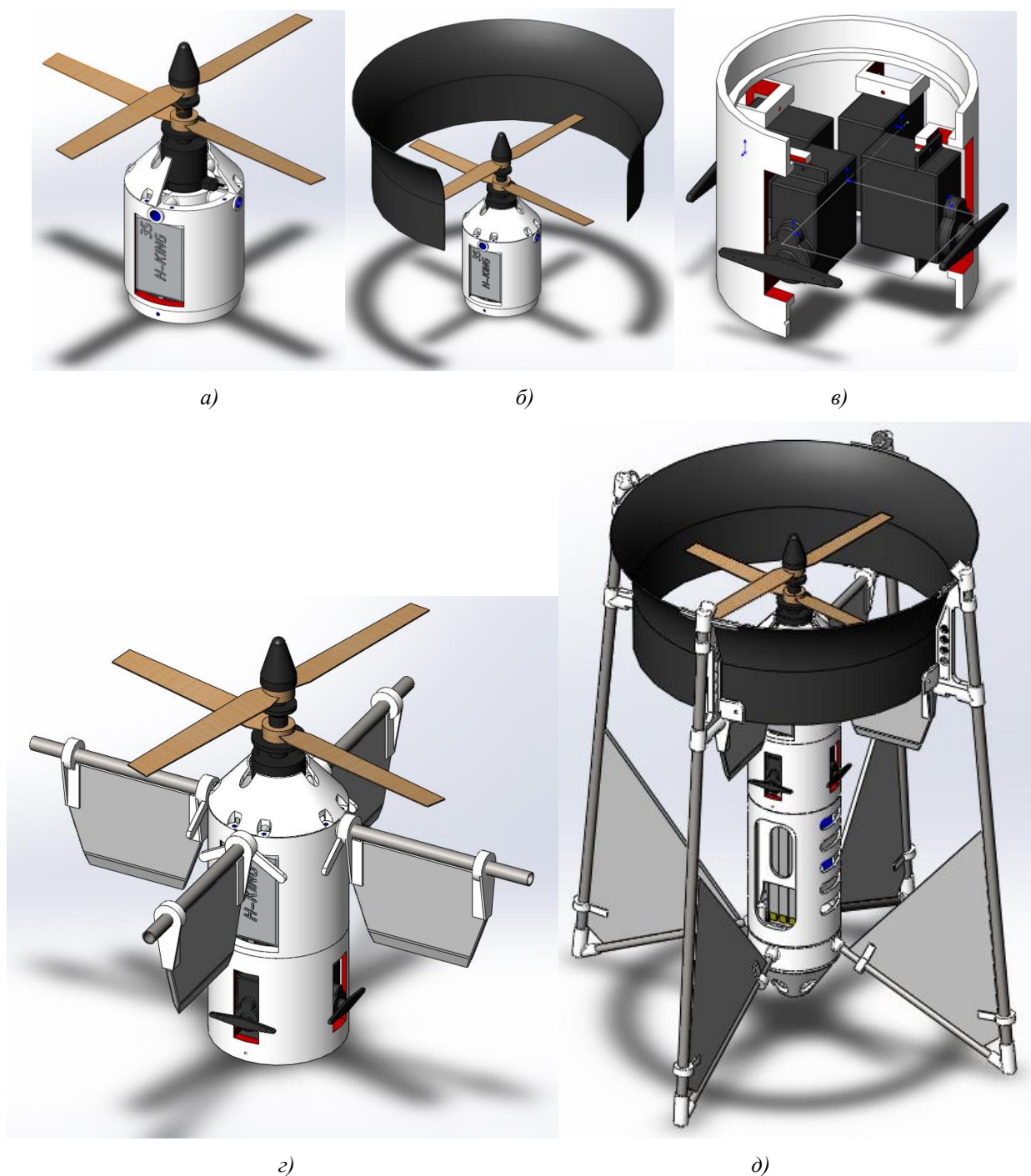


Рис. 2. Модули конструкции БПЛА Ducted Fan:

*а – двигательный модуль; б – кольцевой обтекатель; в – рулевой модуль;
г – состыкованные двигательный и рулевой модули; д – модель БПЛА*

В программе SolidWorks [7], используемой при разработке модели, были определены массогеометрические характеристики БПЛА: значение массы составило 660 г, габариты

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

модели – 316x316x375 мм. На рис. 3 показано фото макета (в процессе сборки), созданного по разработанной модели.



Рис. 3. Макет БПЛА Ducted Fan

С учетом характеристик использованных электродвигателей и воздушных винтов, максимальная взлетная масса БПЛА составляет 1,5 кг. После проведения испытаний макета и вероятной доработки конструкции, этот БПЛА предполагается использовать для сбора видеoinформации о движении транспорта на крупных перекрестках города Челябинск в рамках проекта «Умный город».

Список литературы

1. Фролова, Л.Е. Синтез автопилота беспилотного летательного аппарата заданного класса на основе многоуровневой системы критериев оптимальности: дис. ... канд. т. наук: 05.13.05. - Рыбинск, 2008.
2. Энциклопедия «Авиация» / Гл. ред.: Свищёв Г. Г. - М.: Директмедиа Паблишинг, 2008. - 6562 с.
3. Воздушный винт в кольце. [Электронный ресурс] URL: http://exaero.ru/Stati__Propelleri__Vozdushniy_vint_v_koltse_2328.htm (дата обращения: 15.04.2020).
4. Шайдаков, В.И. Аэродинамика винта в кольце. - М.: Издательство МАИ, 1996. - 87 с.
5. Шайдаков, В.И., Завалов О.А. Аэродинамическое проектирование фенестрона. - М.: Издательство МАИ, 1980. - 72 с.
6. Мойзых, Е. И., Завалов О. А., Кузнецов А.В. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик дистанционно-пилотируемого летательного аппарата с несущей системой «винт в кольце». - М.: Издательство МАИ. - 13 с.
7. CAD для 3D-проектирования SolidWorks. [Электронный ресурс] URL: <https://www.solidworks.com/> (дата обращения: 15.04.2020).

АЛГОРИТМ ВИЗУАЛЬНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ПЕТЕЛЬ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ТРЕХМЕРНОЙ КАРТЫ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ.

К. Д. ЖАРКОВ

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

Аннотация. Целью статьи является описание алгоритма замыкания петли, использующего ключевые точки изображения, рандомизированные KD-деревья и байесовский фильтр. Алгоритм определяет, “видел” ли робот поступившее изображение, и когда видел. Эта информация используется для коррекции карты местности.

Ключевые слова: детектирование замыкания петли, поиск K ближайших соседей, SIFT/SURF дескрипторы, фильтр Байеса, SLAM.

Введение

Задача одновременной локализации и построения карты местности (SLAM) встречается в робототехнике повсеместно, будь то беспилотный автомобиль или робот-пылесос. Одной из основных проблем SLAM является погрешность определения положения робота в пространстве, ввиду чего геометрия карты может сильно исказиться. Например, робот начинает движение по кольцевому треку и производит построение карты. Рисунок 1 иллюстрирует пример. В тот момент, когда он вернется в начало трека, получится карта в виде спирали, что не отражает действительность. Так получилось из-за накопленной ошибки в позиционировании робота. Как исправить такую ошибку? Нужно обнаружить, что робот уже был в этом месте, и скорректировать построенную карту в соответствии с полученной информацией.

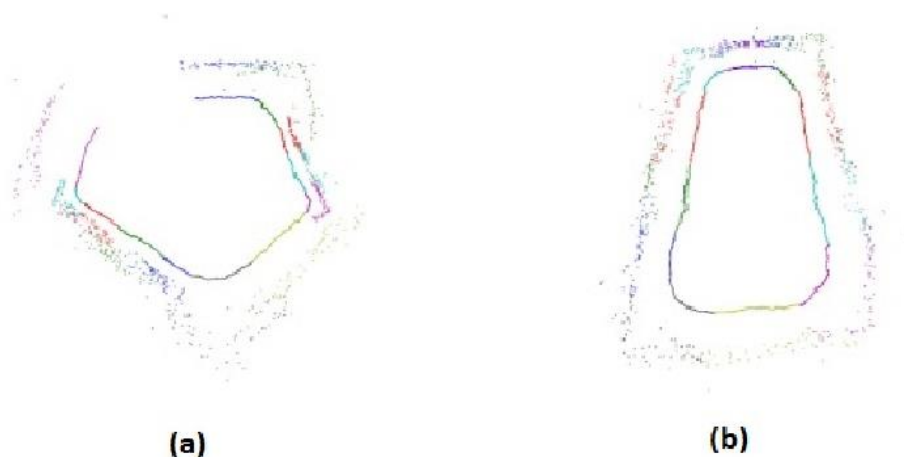


Рис. 1. Карта без корректировки (a), карта с корректировкой (b)

Ключевые точки и дескрипторы

В первую очередь нужно определить, с помощью чего можно описать кадр. Одним из оптимальных способов являются ключевые точки и их дескрипторы. Они устойчивы к изменению освещённости, наклонам камеры и масштабированию. Ключевая точка пред-

ставляет собой точку интереса на изображении, а дескриптор – это описание окрестности, который обычно задается математической функцией. В работе используются SIFT/SURF дескрипторы, представляющие собой 128-мерный вектор.

KD-деревья, поиск ближайших соседей, Евклидово расстояние

Для того, чтобы вычислить схожесть двух дескрипторов, используется Евклидово расстояние: чем оно меньше, тем больше похожи дескрипторы. Для того, чтобы быстро искать схожие дескрипторы среди большого набора данных, используется структура данных KD-дерево. В контексте KD-деревьев задача поиска схожих дескрипторов называется поиском ближайших соседей, так как Евклидово расстояние до соседей минимально. В основном алгоритме KD-деревья будут использоваться для хранения и поиска дескрипторов поступающих изображений. Узел дерева будет содержать дескриптор. Также по дескриптору можно получить изображение, в котором он был найден.

Алгоритм Байесовского фильтра

При сравнении поступившего изображения с уже увиденными хочется избежать сравнения со всеми изображениями. Для этого вводится Байесовский фильтр.

Получение изображения I_t в момент времени t есть наблюдение z_t в фильтре. F_t – множество дескрипторов изображения I_t . Обозначим через L_i^t , событие, когда I_t образует замыкание петли с I_i . Через эти понятия введем кандидата на замыкание петли (1). Индекс изображения кандидата – c .

$$c = \operatorname{argmax}\{P(z_{0:t})\}, (1)$$

где $P(z_{0:t})$ полная апостериорная вероятность, учитывающая все предыдущие наблюдения. Отделим текущее наблюдение от предыдущих (2).

$$P(z_{0:t}) = P(z_t, z_{0:t-1}) (2)$$

Воспользуемся формулой условной вероятности (3).

$$P(z_t, z_{0:t-1}) P(z_{0:t-1}) = P(L_i^t, z_{0:t-1}) P(z_{0:t-1}) (3)$$

Далее оставим в левой стороне равенства $P(z_t, z_{0:t-1})$ свернув его обратно и применим свойство марковских процессов (4). Более подробно математические выкладки описаны в [1].

$$P(z_{0:t}) = \eta P(L_i^t) P(z_{0:t-1}) (4)$$

В формуле можно выделить две основные составляющие, $P(L_i^t)$ – модель наблюдения, $P(z_{0:t-1})$ – предсказание. Модель наблюдения выражает вероятность того, что текущее измерение послужит причиной замыкания петли. Она не использует информацию о предыдущих наблюдениях, только в наблюдении в текущий момент времени. Предсказание выражает вероятность замыкания петли без использования текущего наблюдения.

Предсказание

Для вычисления вероятности $P(z_{0:t-1})$ используются уже имеющиеся вероятности, которые сглаживаются фильтром Гаусса с окном размера 5.

Модель наблюдения

Для каждого изображения в фильтре вычисляется оценка $s(F_t, F_i)$. Оценка отражает вероятность того, что I_t образует замыкание петли с I_i , используя дескрипторы изображений. Для каждого дескриптора из F_t находим K ближайший соседей среди предыдущих дескрипторов, каждому из них присвоим вес, вычисленный по формуле (5):

$$w_n = 1 - \frac{d_n}{\sum_{k=1}^K d_k} \quad (5)$$

где w_n – вес, d_n – Евклидово расстояние между дескрипторами.

После этого значение весов прибавляются к изображениям, в которых был найден соответствующий дескриптор. Таким образом вычисляется оценка, после чего оценки нормализуются с помощью среднеквадратичного отклонения и среднего значения, и получается вероятность.

Отбор кандидатов на замыкание петли

Для каждого изображения вычисляется сумма его вероятности и двух его соседей слева и справа. Изображение, которое имеет максимум этого показателя, выбирается кандидатом на замыкание петли. Далее вероятность кандидата сравнивается с порогом: если значение выше, то происходит переход к последней проверке, если нет, то кандидат отбрасывается.

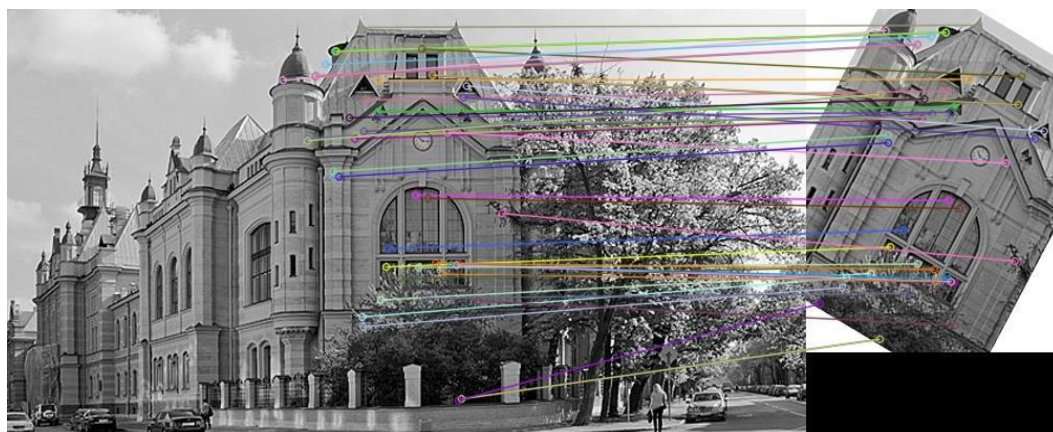


Рис. 2. Пример сопоставления ключевых точек алгоритмом RANSAC

С помощью алгоритма RANSAC выполняется последняя проверка. Дескрипторы кандидата сопоставляются с дескрипторами текущего изображения. Если удалось сопоставить достаточное количество дескрипторов, значит, замыкание петли обнаружено. Пример сопоставления точек на рисунке 2.

Применения алгоритма фильтрации ключевых кадров

На данный момент реализованы: модуль сравнения кадров, загрузка видеопотока, экстрактор ключевых точек, система сборки проекта на Stake. Подробнее о модуле сравнения кадров. Он нужен для предварительной фильтрации, если текущий кадр не

ННБ VIII, Санкт-Петербург, 14 – 16 мая 2020

сильно отличается от предыдущего, не стоит запускать основной алгоритм поиска. Ниже на рисунке 3 и 4 представлены примеры работы алгоритма. Для теста использована видеозапись прохода по коридору общежития.

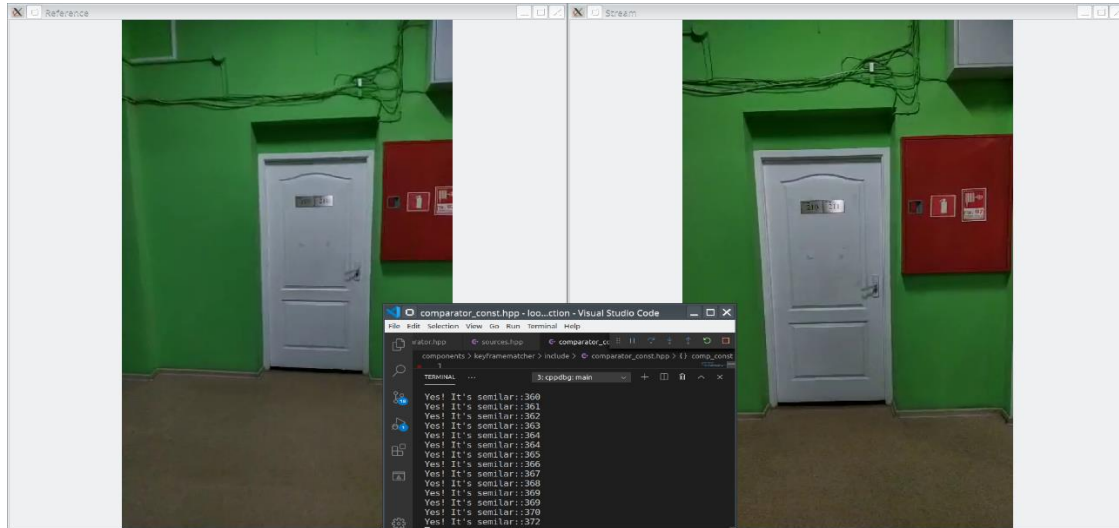


Рис. 3. Пример обнаружения похожих кадров

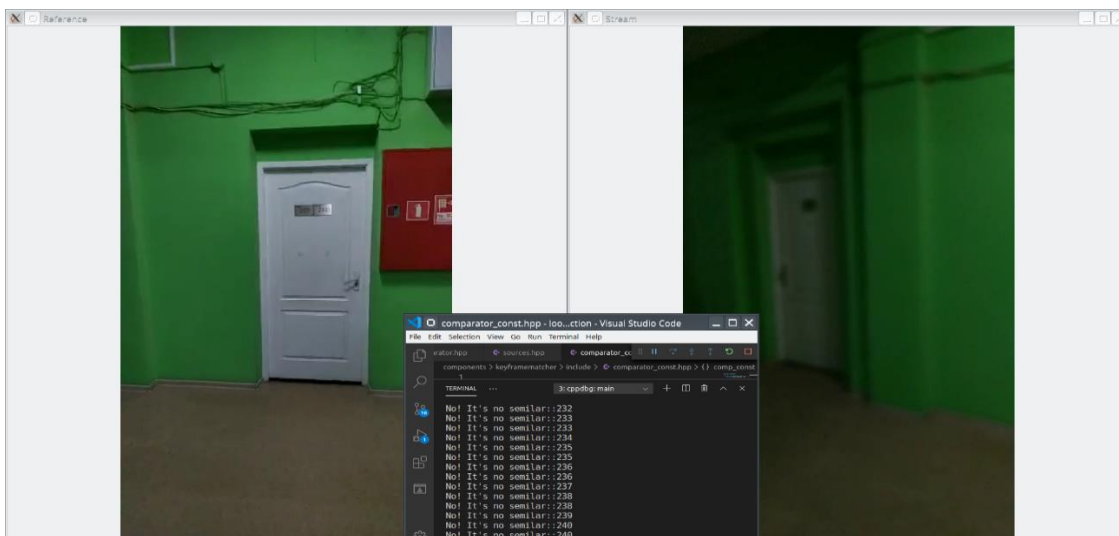


Рис. 4. Пример обнаружения непохожих кадров

Дальнейшие планы работ

Далее будут написаны и другие модули алгоритма поиска замкнутых петель. Система конфигурации параметров алгоритма, фильтр Байеса, модуль хранения дескрипторов, интеграция с операционной системой ROS.

Список литературы

1. E. Garcia-Fidalgo, A. Ortiz. Methods for Appearance-based Loop Closure Detection Applications to Topological Mapping and Image Mosaicking
2. M. Labbe and F. Michaud, Appearance-Based Loop Closure Detection for Online Large-Scale and Long-Term Operation,” in IEEE Transactions on Robotics, vol. 29, no. 3, pp. 734-745, 2013.

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ВЫХОДУ РОБОТИЗИРОВАННЫМ НАДВОДНЫМ ПЛАВАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ С НЕМОДЕЛИРУЕМОЙ ДИНАМИКОЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ И ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ф.Б. КАРАШАЕВА, О.И. БОРИСОВ, А.А. ПЫРКИН, С.В. ШАВЕТОВ

Университет ИТМО

Аннотация. Данная работа посвящена задаче робастного управления движением надводного плавательного объекта по выходу в условиях наличия структурных неопределенностей. Система управления основана на методе расширенного наблюдателя и внутренней модели, для компенсации производных задающего сигнала и внешних возмущающих воздействий. Проведено численное моделирование разработанной системы управления в условиях наличия неучтенной динамики.

Ключевые слова: неучтенная динамика, внутренняя модель, расширенный наблюдатель

Введение

Для управления системами в условиях структурной неопределённости применяют законы управления на основе робастных методов. Одним из наиболее широко используемых методов является расширенный наблюдатель (см. [1], [2]), например, при управлении манипуляторами с неизмеримыми обобщенными скоростями в [3]. Робастные методы управления с обратной связью успешно применяются как для линейных, так и для нелинейных систем.

В этой статье рассматривается применение системы управления на основе расширенного наблюдателя, дополненной внутренней моделью, в задаче слежения за траекторией надводного судна. В данной работе особое внимание уделяется неучтенной динамике, вызванной переходными процессами исполнительных приводов, в условиях невозможности максимально точного описания математической модели объекта управления.

Например, в работе [4] рассматривается управление ветряными турбинами, описываемые нелинейной динамикой для уменьшения структурных нагрузок. Примеры мультиагентных систем управления с неучтенной динамикой приведены в [5] и [6]. Работа Широкий класс систем с неучтенной динамикой представляют собой системы с гибкими соединениями. [7] демонстрирует использование адаптивного управления нейронной сети для двухзвенной гибкой роботизированной системы.

Постановка задачи

Рассмотрим модель надводного плавательного аппарата вида:

$$M\ddot{x} + D\dot{x} = \tau + \tau_d, \quad (1)$$

где $x = [X \ Y \ \Phi]^T \in \mathbb{R}^3$ это вектор положения и ориентации судна в прямоугольной системе координат, $\dot{x} = [\dot{X} \ \dot{Y} \ \dot{\Phi}]^T \in \mathbb{R}^3$ – вектор скорости, $\ddot{x} = [\ddot{X} \ \ddot{Y} \ \ddot{\Phi}]^T \in \mathbb{R}^3$ – вектор ускорения, $\tau = [\tau_1 \ \tau_2 \ \tau_3]^T \in \mathbb{R}^3$ – вектор сил и крутящего момента, $\tau_d = [\tau_{d1} \ \tau_{d2} \ \tau_{d3}]^T \in \mathbb{R}^3$ – вектор внешних возмущающих воздействий, $M = M^T > 0$ и $D > 0$ – матрицы масс и демпфирования, чьи параметры не известны и содержат перекрестные связи.

Введем допущение, что вектор τ производится устойчивой и быстрой динамикой исполнительных устройств

$$\begin{aligned}\mu \dot{z} &= A_o z + B_o u, \\ \tau &= C_o z,\end{aligned}\quad (2)$$

где $u = [u_1 \ u_2 \ u_3]^T \in \mathbb{R}^3$ – вектор управления, $\mu > 0$ – достаточно маленькое число, определяющее высокую скорость динамики исполнительного привода. Матрица $A_o = \text{diag}(A_{o1} \ A_{o2} \ A_{o3}) \in \mathbb{R}^{n_o \times n_o}$ Гурвицева, $B_o = \text{diag}(B_{o1} \ B_{o2} \ B_{o3}) \in \mathbb{R}^{n_o \times m_o}$ и $C_o = \text{diag}(C_{o1} \ C_{o2} \ C_{o3}) \in \mathbb{R}^{m_o \times n_o}$ такие, что удовлетворяют условию

$$-C_o A_o^{-1} B_o = I, \quad (3)$$

где матрица I – единичная матрица.

Вектор τ_d – вектор внешних возмущающих воздействий, производимый следующей системой

$$\begin{aligned}\dot{w}_d &= S_d w_d, \\ \tau_d &= H_d w_d,\end{aligned}\quad (4)$$

где $S_d = \text{diag}(S_{d1} \ S_{d2} \ S_{d3}) \in \mathbb{R}^{n_d \times n_d}$ и $H_d = \text{diag}(H_{d1} \ H_{d2} \ H_{d3}) \in \mathbb{R}^{3 \times n_d}$.

Цель – разработать закон управления такой, в условиях наличия неучтенной динамики (2), состояние системы (1) было ограничено и удовлетворяло условию

$$\lim_{t \rightarrow 0} x_e(t) = 0, \quad (5)$$

где $x_e(t) = x(t) - x_r(t)$ – ошибка между значениями выходного вектора $x(t)$ и задающего $x_r(t)$. Вектор $x_r(t)$ производится следующей системой

$$\begin{aligned}\dot{w}_r &= S_r w_r, \\ x_r &= H_r w_r.\end{aligned}\quad (6)$$

где $S_r = \text{diag}(S_{r1} \ S_{r2} \ S_{r3}) \in \mathbb{R}^{n_r \times n_r}$ и $H_r = \text{diag}(H_{r1} \ H_{r2} \ H_{r3}) \in \mathbb{R}^{3 \times n_r}$.

Влияние неучтенной динамики

Получим динамику ошибки управления системы (1)

$$M \ddot{x}_e + D \dot{x}_e = \tau + \tau_d + \tau_r, \quad (7)$$

где $\tau_r = -M \ddot{x}_r - D \dot{x}_r$.

Введем замену переменных

$$\begin{aligned}\xi_1 &= x_e, \\ \xi_2 &= \dot{x}_e,\end{aligned}\quad (8)$$

где ξ_1 и ξ_2 глобально определены.

Для изучения эффекта, оказываемой неучтенной динамикой (2), необходимо последовательно прибавить и вычесть сигнал u в уравнении (7), тогда получим

$$M \ddot{x}_e + D \dot{x}_e = \tau_d + \tau_r + u - \varepsilon,$$

где $\varepsilon = u - \tau$, и перепишем новые координаты (8), как

$$\begin{aligned}\dot{\xi}_1 &= \xi_2, \\ \dot{\xi}_2 &= q(\xi, \tau_d, \tau_r) + M^{-1}u - M^{-1}\varepsilon,\end{aligned}\quad (9)$$

где $q(\xi, \tau_d, \tau_r) = M^{-1}(-D\xi_2 + \tau_d + \tau_r)$, $-M^{-1}\varepsilon$ – неучтенная динамика.

Компенсация внешних воздействий

Так как система подвержена внешним воздействиям (4) и (6), для синтеза закона управления необходимо определить всю систему, оказывающую внешнее воздействие:

$$\begin{aligned}\dot{w} &= Sw, \\ \tau_d + \tau_r &= Hw\end{aligned}\quad (10)$$

где $S = \text{diag}(S_1 \ S_2 \ S_3)$ и $H = \text{diag}(H_1 \ H_2 \ H_3)$.

Для компенсации внешних воздействий необходимо добавить в систему (9) внутреннюю модель вида [8]

$$\begin{aligned}\dot{\eta} &= F\eta + G[\Gamma\eta + \bar{u}], \\ u &= \Gamma\eta + \bar{u},\end{aligned}\quad (11)$$

где $F = \text{diag}(F_1, F_2, F_3)$, а также каждая матрица F_i Гурвицева во фробениусовой форме тех же размеров, что и матрицы состояний подсистем внешних воздействий S_i , которые производят оба сигнала τ_r и τ_d . $G = \text{diag}(G_1, G_2, G_3)$, каждая матрица $G_i = [0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1]^T$, $\Gamma = \text{diag}(\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3)$ и значения Γ_i выбираются так, что собственные числа матрицы $F_i + G_i\Gamma_i$ совпадают с собственными значениями матрицы $S_i, i = \{1, 2, 3\}$.

Синтез закона управления

Следуя подходу [2] выберем закон управления $\bar{u}$

$$\bar{u} = \text{sat}_L \bar{M}[-\sigma - K\hat{\xi}] \quad (12)$$

где $\text{sat}(\cdot)$ гладкая функция насыщения с пределом $L > 0$, значение которого зависит от компактного множества начальных условий. $\bar{M}$ обратимая матрица, удовлетворяющая условию $\| [M^{-1} \ -\bar{M}^{-1}] \ \bar{M} \|_1 < 1$. Матрица K – матрица настраиваемых параметров задаваемая как $K = [K_1 \ K_2] = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 & k_{21} & 0 & 0 \\ 0 & k_{12} & 0 & 0 & k_{22} & 0 \\ 0 & 0 & k_{13} & 0 & 0 & k_{23} \end{bmatrix} \cdot \hat{\xi}$ и σ – это состояния

расширенного наблюдателя

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\xi}}_1 &= \hat{\xi}_2 + \kappa C_1(x_e - \hat{\xi}_1), \\ \dot{\hat{\xi}}_2 &= \sigma + \bar{M}^{-1}\bar{u} + \kappa^2 C_2(x_e - \hat{\xi}_1), \\ \dot{\sigma} &= \kappa^3 C_0(x_e - \hat{\xi}_1)\end{aligned}\quad (13)$$

где κ – это высокий коэффициент усиления. C_0, C_1, C_2 положительно определенные матрицы размерностью 3×3 , такие что собственные числа матрицы $C = \begin{bmatrix} -C_2 & I & 0 \\ -C_1 & 0 & I \\ -C_0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ вещественные и отрицательные, где I единичная матрица размером 3×3

Закон управления (12) содержит функцию насыщения, необходимую для предотвращения всплесков сигнала, вызванных высоким коэффициентом усиления. Таким образом, он применим только для фиксированного набора начальных условий $\hat{\xi}(0), \hat{\xi}(0), \sigma(0)$, которые несмотря на это могут быть установлены сколь угодно большими. Фактически пределы этого набора определяются параметром настройки L в (12), который, в свою очередь, определяет параметр κ (13).

Закон управления (12) содержит функцию насыщения, необходимую для предотвращения всплесков сигнала, вызванных высоким коэффициентом усиления. Таким образом, он применим только для фиксированного набора начальных условий $\hat{\xi}(0), \hat{\xi}(0), \sigma(0)$, которые несмотря на это могут быть установлены сколь угодно большими. Фактически пределы этого набора определяются параметром настройки L в (12), который, в свою очередь, определяет параметр κ (13).

Результаты моделирования

Закон управления включал в себя расширенный наблюдатель (13), функцию насыщения (12), внутреннюю модель (11). Выполнено два сценария моделирования. В первом сценарии сигнал управления подан напрямую на модель объекта управления (1), см. Рис.1 (а). Во втором сценарии сигнал управления подавался сначала на модель динамики исполнительных приводов (2), затем на модель объекта (1), см. Рис.1 (б). Оба сценария продемонстрировали работоспособность разработанного алгоритма управления.

Заключение

В работе решена задача робастного управления по выходу системами типа надводные плавательные аппараты в задаче слежения за траекторией в условиях наличия внешнего возмущающего воздействия. Приведены результаты математического моделирования, иллюстрирующие работоспособность разработанного алгоритма без модификации его структуры даже в условиях наличия неучтенной динамики.

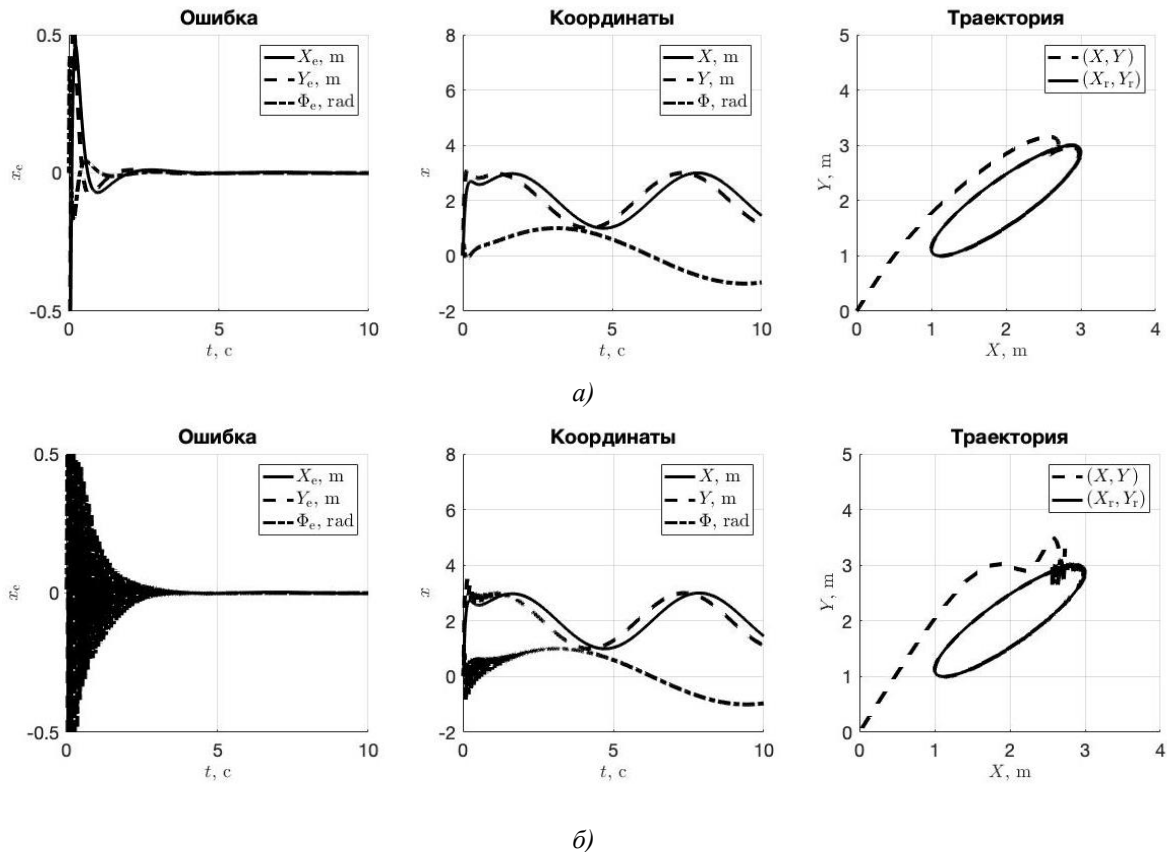


Рис. 1. Результаты математического моделирования

Список литературы

1. Khalil, H. High-Gain Observers in Nonlinear Feedback Control. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2017.
2. Freidovich, L., Khalil, H. Performance recovery of feedback-linearization-based designs, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 53, no. 10, pp. 2324–2334, 2008.
3. Heredia, J.A., Yu W. A high-gain observer-based pd manipulator control for robot, in Proc. of the proceedings of the American control conference, 2000, pp. 2218–522.
4. Do, M.H., Njiri, J.G., Söffker, D. Structural load mitigation control for nonlinear wind turbines with unmodeled dynamics, in 2018 Annual American Control Conference (ACC). IEEE, 2018, pp. 3466–3471.
5. Tsykunov, A.M. Decentralized robust control for multiconnected objects with structural uncertainty, Automation and Remote Control, vol. 71, no. 12, pp. 2595–2604, 2010.
6. Zou, W., Xiang, Z., Ahn C.K. Mean square leader-following consensus of second-order nonlinear multiagent systems with noises and unmodeled dynamics, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, no. 99, pp. 1–9, 2018.
7. Zhang, T., Liu, H., Xia, M., Yi, Y. Adaptive neural control of MIMO uncertain nonlinear systems with unmodeled dynamics and output constraint, International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, vol. 32, no. 12, pp. 1731–1747, 2018.
8. Isidori, A. Lectures in Feedback Design for Multivariable Systems. Springer, Cham, 2017.

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ НА MOSFET ТРАНЗИСТОРАХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЗАРЯДА КОНДЕНСАТОРОВ

А.С. МЕЛЬНИКОВ, В.Е. ПАРМЕНОВ

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

Аннотация: Одной из главных проблем проектирования электротехнологических установок, в которых применяются высоковольтные конденсаторные батареи большой емкости, является ограничение зарядного тока. В данной статье рассмотрены основные существующие методы регулирования зарядного тока, а также показаны преимущества предлагаемого регулятора мощности на MOSFET транзисторах.

Ключевые слова: зарядное устройство, конденсатор, транзистор, симистор.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках программы «УМНИК»

Рассмотрим процесс заряда конденсатора в электрической схеме, изображенной на рисунке 1, где U – источник постоянного напряжения.

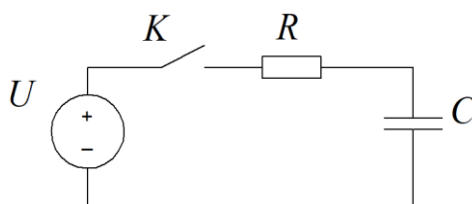


Рисунок 1 – Заряд конденсатора в цепи с источником постоянного напряжения

После замыкания ключа K в момент времени $t = 0$, временная зависимость тока заряда конденсатора будет определяться следующим выражением:

$$I_c(t) = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}}; \quad (*)$$

Можно заметить, что при бесконечно малом электрическом сопротивлении R , в момент времени $t = 0+$ по цепи будет протекать бесконечно большой ток. Очевидно, что в реальных электрических цепях сопротивление R не может быть бесконечно малым. Однако, если величина R определяется только сопротивлением подводящих проводников (обычно менее 1 Ом), а напряжение U составляет несколько сотен вольт, то выброс тока в момент времени $t = 0+$ может составлять несколько сотен, или даже тысяч ампер. Это может повлечь за собой как срабатывание систем защиты электрической сети, так и выход из строя электронных компонентов.

Логично предположить, что для ограничения стартового тока заряда достаточно ввести в цепь токоограничивающее сопротивление. Но стоит учитывать тот факт, что протекающий по резистору электрический ток вызывает нагрев этого резистора. Следовательно, для эффективного охлаждения он должен иметь достаточно большую площадь поверхности, а это влечет за собой увеличение габаритов установки. Очевидно также и снижение КПД процесса заряда конденсатора. Описанные недостатки делают такой способ ограничения зарядного тока непригодным для практического применения.

В настоящее время наиболее распространенным техническим решением в области управления процессом заряда емкостных накопителей энергии является регулирование

действующего значения напряжения на входе выпрямителя при помощи тиристорных или симисторных ключей. Схема симисторного регулятора мощности приведена на рисунке 2, где $U_{вх}$ – входное переменное напряжение однофазной промышленной сети, $U_{вых}$ – напряжение на выходе симисторного регулятора, СУ – система управления, i_y – сигнал управления, D – диодный мост, R – сопротивление подводящих проводников.

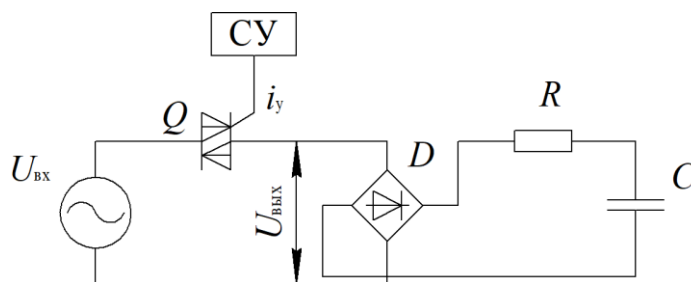


Рисунок 2 – Симисторный регулятор мощности

Временные зависимости $U_{вх}$ и $U_{вых}$ показаны на рисунке 3. Можно заметить, что при коммутации на вход выпрямителя и, соответственно, на конденсатор C подается некоторое ненулевое напряжение, что, согласно выражению (*) при малом сопротивлении R может привести к броскам тока большой амплитуды. Во избежание этого коммутацию нужно производить в момент времени, максимально близкий к концу полупериода напряжения сети, а затем постепенно сдвигать время подачи управляющего сигнала к началу полупериода. Этот принцип описан в патенте [1] как фазо-импульсное управление зарядом.

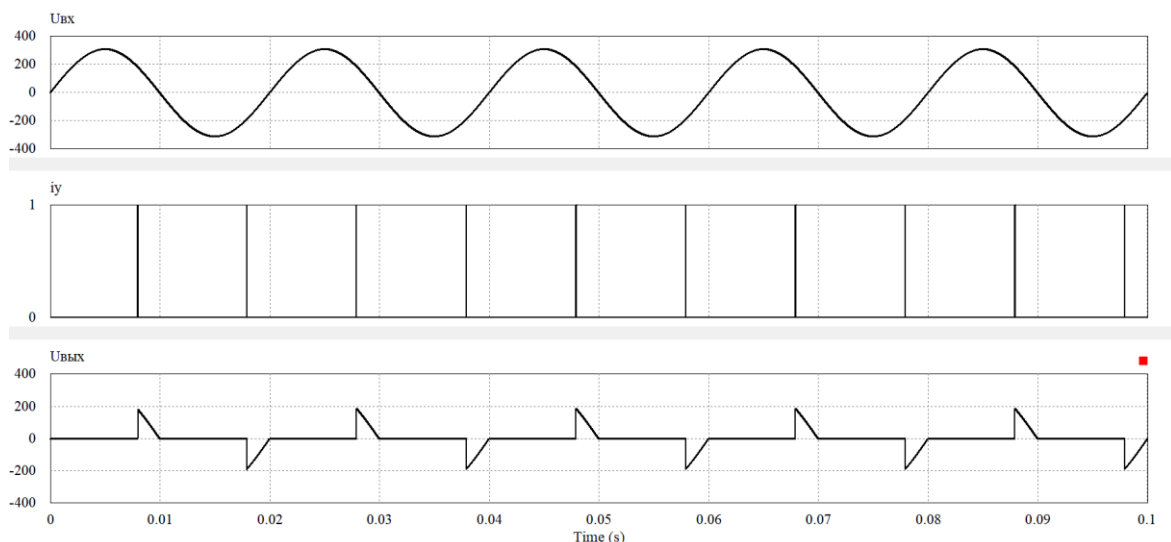


Рисунок 3 – Временные зависимости входного и выходного напряжения симисторного регулятора

С точки зрения предотвращения нежелательных бросков тока, более логичным действием является коммутация ключа на некоторый промежуток времени от начала полупериода. Осуществить подобное при помощи тиристорных или симисторных ключей невозможно исходя из их физических свойств. Следовательно, необходимо рассмотреть возможность применения в конструкции регулятора полностью управляемых транзисторных

ключей. Предлагаемая электрическая схема приведена на рисунке 4. В качестве коммутирующих элементов предлагается использовать мощные MOSFET транзисторы.

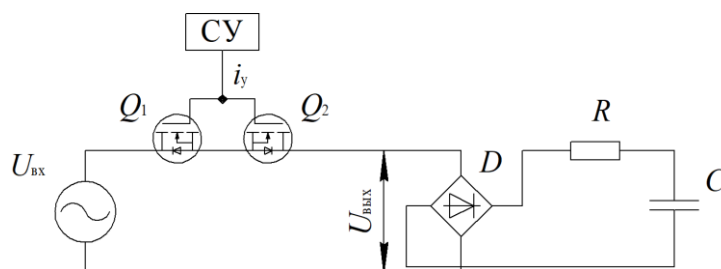


Рисунок 4 – Регулятор мощности на основе MOSFET транзисторов

Временные диаграммы входного и выходного напряжения данного регулятора показаны на рисунке 5.

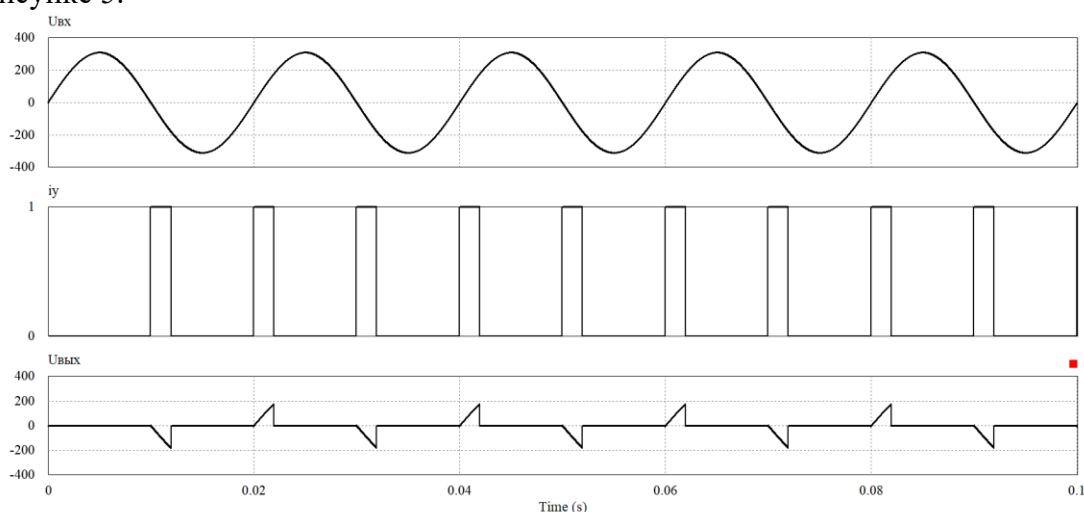


Рисунок 5 – Временные зависимости входного и выходного напряжения транзисторного регулятора

Как можно видеть, при коммутации нарастание напряжения происходит постепенно, что, в теории, должно значительно уменьшить выброс тока в начале заряда конденсаторной батареи.

Для проверки теории был использован программный пакет PSIM, посредством которого был смоделирован процесс заряда конденсаторной батареи при помощи симисторного и транзисторного регуляторов мощности. При моделировании были заданы следующие параметры: источник входного напряжения – однофазная промышленная сеть с частотой 50 Гц, сопротивление подводящих проводов $R = 1$ Ом, емкость заряжаемого конденсатора 1000 мкФ, падение напряжения на полупроводниковых элементах не учитывалось. В проведенных экспериментах система управления генерировала сигнал, изменяющий время открытия ключа (симисторного или транзисторного) от 0% до 100% от длительности полупериода входного напряжения за заданное время (1 с, 2 с и 10 с). Полученные временные зависимости зарядного напряжения и зарядного тока (тока, протекающего через конденсатор) показаны на рисунке 6.

В результате проведения серии экспериментов было установлено, что при заряде конденсатора за 1 секунду максимальная амплитуда зарядного тока для симисторного регулятора составляет 33 А, а для транзисторного – 27 А. При заряде за 2 секунды – 23 А и 20 А соответственно. Эти данные подтверждают выдвинутую теорию.

При длительности процесса заряда, равной 10 секундам, в обоих случаях величина зарядного тока составляет около 10 А. Следовательно, в этом случае может быть использована любая из рассмотренных схем генератора.

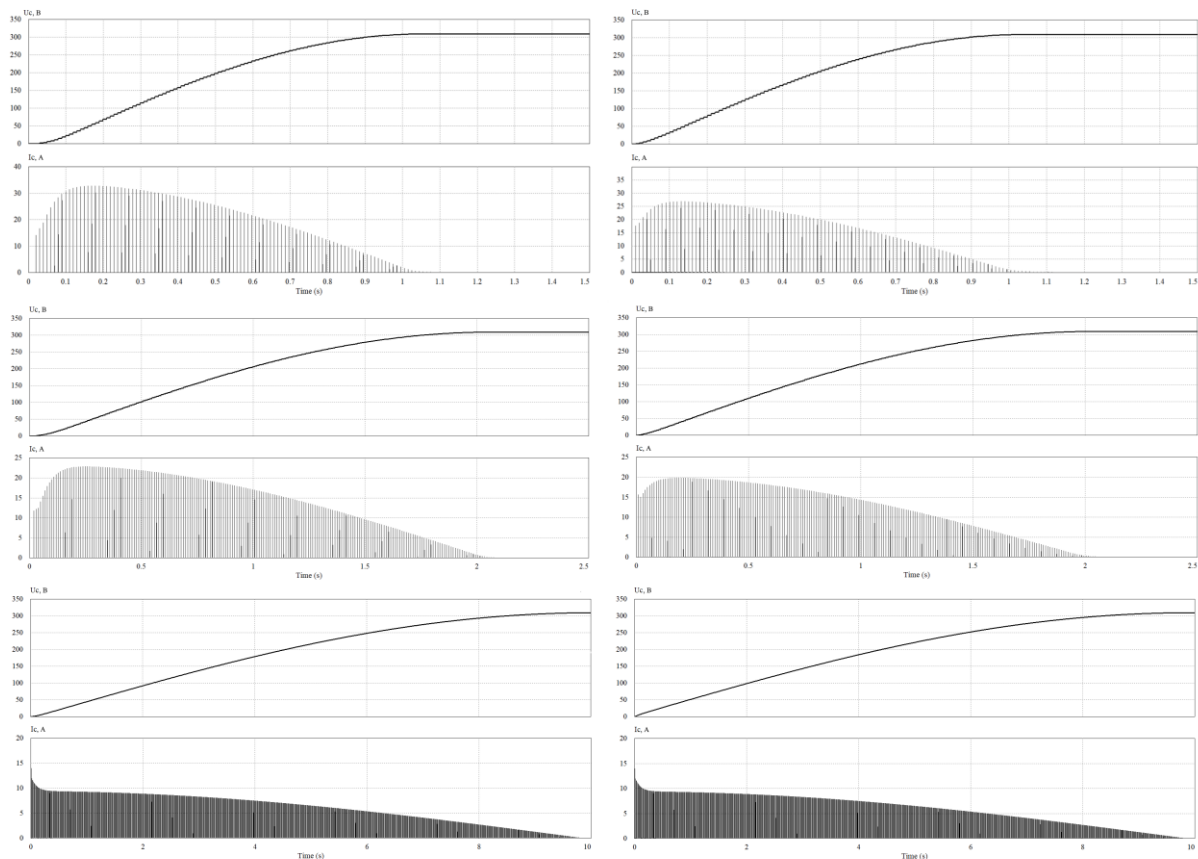


Рисунок 6 – Временные зависимости напряжения и тока заряда для симистроного (слева) и транзисторного (справа) регулятора

Из выше сказанного можно заключить: предлагаемая схема регулятора мощности на основе двух MOSFET транзисторов пригодна для использования в зарядных устройствах высоковольтных конденсаторных батарей большой емкости. При этом данный тип регулятора позволяет снизить импульсный ток потребления по сравнению с симисторным регулятором при заряде конденсаторной батареи за малое время, что приводит к снижению нагрузки на питающую сеть, а также к некоторому повышению КПД за счёт снижения активных потерь в цепи зарядного устройства. Можно утверждать, что на базе транзисторного регулятора мощности можно создать быстродействующее зарядное устройство для конденсаторных батарей, которое будет превосходить имеющиеся аналоги по эксплуатационным характеристикам.

Список литературы

1. Пат. 187434 Российская Федерация, МПК B21D 26/14 Магнитно-импульсная установка с фазо-импульсным управлением зарядом. Глушеников В.А., Юсупов Р.Ю. Патентообладатель: федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва» - № 2018120965, Бюл. №7, Опубликовано 06.03.2019.
2. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM: Справочник по интерфейсу и функциям. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001. – 159 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ

НОЭЛЬ НТАВУХОРАКОМЕЙЕ, КУАНГ ХОНГ ЛЕ

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

Аннотация. Для предсказания точных характеристик и для точного математического моделирования солнечной панели (СП) необходимо найти её параметры, а не предполагать параметры при моделировании. Одной из целей данного исследования является поиск неизвестных параметров путем анализа взаимосвязи между различными параметрами. Процесс анализа охватывает оценку параметров из паспортных данных солнечной панели, а также математический алгоритм, используемый в поиске этих параметров. Модель использована для конкретной солнечной панели EP-40W мощностью 40 Вт.

Ключевые слова: солнечная панель, паспортные данные, поиск параметров, точное моделирование

Выходная мощность СП значительно изменяется в зависимости от условий нагрузки при постоянном освещении на поверхности панели. Разные тенденции в области применения фотоэлектрических систем обсуждаются в литературе [1]. В стандартных условиях СП мощностью 40 Вт может обеспечить мощность 40 Вт для идеальной нагрузки. Предполагаемые данные всегда дают предполагаемые результаты при отслеживании точки максимальной мощности (ТММ). В литературе [2-3] обсуждаются различные методы определения параметров СП, и среди них большинство методов основаны на измерениях кривой I-V или другой характеристики панели [2].

Идентификация Параметров и модель СП. Моделирование солнечного элемента необходимо для анализа производительности в различных условиях. Как правило, для моделирования СП принято брать приблизительные значения параметров панели. Очень важно разработать её точную модель, рассчитав точные значения её параметров. Точная модель СП помогает анализировать точное влияние излучения и температуры на солнечную панель. Ниже представлена модель солнечного элемента (рис.1) [4-5].

Уравнение тока-напряжения (I-V) для одного солнечного элемента с использованием приведенной выше модели можно записать в виде

$$I = I_{\phi} - I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{V + I \cdot R_{\Pi}}{V_T}\right) - 1 \right) - \left(\frac{V + I \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{ш}}} \right)$$

где I_{ϕ} - генерируемый ток в стандартных условиях испытаний (СУИ), I_0 - ток обратного насыщения в СУИ, R_{Π} и $R_{\text{ш}}$ - внутренние последовательное и параллельное сопротивления соответственно, V - выходное напряжение, I - выходной ток, I_d - ток диода, $I_{\text{ш}}$ - шунтирующий ток, V_T - тепловое напряжение соединения: $V_T = A \cdot K \cdot T / q$. Уравнение I-V для ФП (с последовательными элементами N_{Π}) задается формулой (1)

$$I = I_{\phi} - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_{\Pi}}{N_{\Pi} \cdot V_T}\right) - 1 \right] - \left(\frac{V + I \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{ш}}} \right) \quad (1)$$

где A – коэффициент идеальности диода, q – заряд электрона ($1.6021 \cdot 10^{-19}$ С), K – константа Больцмана ($1.3854 \cdot 10^{-23}$ Дж К⁻¹), T – температура (К). N_{II} – число последовательно соединенных элементов панели.

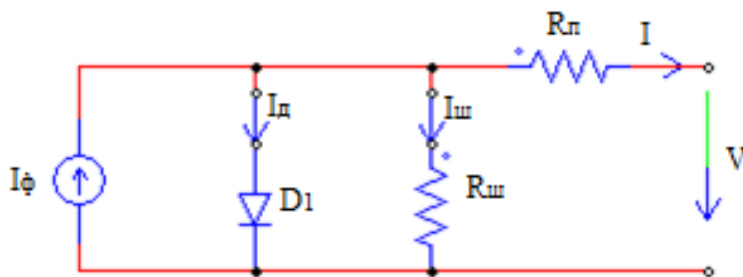


Рис. 1. Модель солнечного элемента

Уравнение (1) формирует основу для моделирования ФП. Моделирование относится к оценке следующих параметров: I_ϕ , I_0 , A , R_{II} и R_{III} . Это же уравнение можно записать, рассмотрев три ключевых аспекта характеристик V - I , точку короткого замыкания, точку максимальной мощности и точку разомкнутой цепи. Поскольку I_0 очень мал по сравнению с экспоненциальным слагаемым, обычно пренебрегают термином " -1 " в уравнении (1).

$$I_{K3} = I_\phi - I_0 \cdot \exp\left(\frac{I_{K3} \cdot R_{II}}{N_{II} \cdot V_T}\right) - \left(\frac{I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}}\right) \quad (2)$$

$$I_{TMM} = I_\phi - I_0 \cdot \exp\left(\frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II}}{N_{II} \cdot V_T}\right) - \frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II}}{R_{III}} \quad (3)$$

$$I_{XX} = 0 = I_\phi - I_0 \cdot \exp\left(\frac{V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}\right) - \frac{V_{XX}}{R_{III}} \quad (4)$$

где I_{K3} – ток короткого замыкания в СУИ, V_{XX} – напряжение холостого хода в СУИ, V_{TMM} – напряжение на ТММ в СУИ, I_{TMM} – ток на ТММ в СУИ

Определение параметров солнечной панели. Была выбрана СП $EP-40W$ со следующими паспортными данными: Максимальная мощность (P_{max}): 40Вт, Напряжение при P_{max} (V_{mp}): 19.80, ток при P_{max} (I_{mp}): 2.02А, Напряжение разомкнутой цепи V_{xx} : 23.7В ,ток короткого замыкания I_{K3} : 2.12А, коэффициент температуры тока $K_{I_{K3}}$: 0.055%, коэффициент температуры напряжения $K_{V_{xx}}$: -0.33%, $N_{II}= 36$.

Неизвестными параметрами являются I_ϕ , I_0 , R_{II} , R_{III} и V_T , где $V_T = A * N_{II} * 0,026$ вольт должны быть определены из параметров спецификации.

Процедура определения неизвестных параметров из значений спецификации для конкретной панели PV заключается в следующем. В точке максимальной мощности производная мощности по отношению к напряжению равна нулю.

$$\frac{dP}{dV}(npuV = V_{TMM}uI = I_{TMM}) = 0 \quad \frac{dI}{dV}(npuI = I_{K3}) = \frac{-1}{R_{III}} \quad (5)$$

Уравнение (4) можно переписать в виде

$$I_\phi = I_0 \cdot \exp\left(\frac{V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}\right) + \frac{V_{XX}}{R_{III}} \quad (6)$$

Вставляя уравнение (6) в уравнение (2), оно принимает вид:

$$I_{K3} = I_0 \left[\exp\left(\frac{V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}\right) - \exp\left(\frac{I_{K3} \cdot R_{II}}{N_{II} \cdot V_T}\right) \right] + \frac{V_{XX} - I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}} \quad (7)$$

Аппроксимируя приведенное выше уравнение, мы имеем

$$I_{K3} = I_0 \cdot \exp\left(\frac{V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}\right) + \frac{V_{XX} - I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}}$$

Следовательно, мы имеем

$$I_0 = \left(I_{K3} - \frac{V_{XX} - I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}} \right) \exp\left(\frac{-V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}\right)$$

Уравнения (6) и (7) можно вставить в уравнение (3), которое примет вид:

$$I_{TMM} = I_{K3} - \frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II} - I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}} - \left(I_{K3} - \frac{V_{XX} - I_{K3} \cdot R_{II}}{R_{III}} \right) \cdot e^{\frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II} - V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}} \quad (8)$$

Производную мощности с напряжением на ТММ можно записать в виде:

$$\frac{dP}{dV} (npuV = V_{TMM} uI = I_{TMM}) = \frac{d(IV)}{dV} = I + \frac{dI}{dV} \cdot V$$

Чтобы получить производную от мощности при ТММ, должна быть найдена производная уравнения (8) по напряжению. Тем не менее, (8) является трансцендентным уравнением, и для выражения I_{TMM} требуются численные методы. Уравнение (8) можно записать в следующем виде:

$$I = f(I, V) \quad (9)$$

Дифференцируя (9):

$$dI = dI \cdot \frac{\partial f(I, V)}{\partial I} + dV \cdot \frac{\partial f(I, V)}{\partial V}$$

Производная тока от напряжения приводит к:

$$\frac{dI}{dV} = \frac{\frac{\partial}{\partial V} f(I, V)}{1 - \frac{\partial}{\partial I} f(I, V)}$$

Следовательно, мы получаем значение dP/dV следующим образом:

$$\frac{dP}{dV} = I_{TMM} + \frac{V_{TMM} \cdot \frac{\partial}{\partial V} f(I, V)}{1 - \frac{\partial}{\partial I} f(I, V)} \quad (10)$$

Из вышесказанного:

$$\frac{dP}{dV} (npuI = I_{TMM}) = I_{TMM} + V_{TMM} \frac{-\frac{(I_{K3} \cdot R_{III} - V_{XX} + I_{K3} \cdot R_{II}) \cdot e^{\frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II} - V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}}}{N_{II} \cdot V_T \cdot R_{III}} - \frac{1}{R_{III}}}{1 + \frac{R_{II} (I_{K3} \cdot R_{III} - V_{XX} + I_{K3} \cdot R_{II}) \cdot e^{\frac{V_{TMM} + I_{TMM} \cdot R_{II} - V_{XX}}{N_{II} \cdot V_T}}}{N_{II} \cdot V_T \cdot R_{III}}} + \frac{R_{II}}{R_{III}} \quad (11)$$

Теперь есть два уравнения, (8) и (11), с тремя неизвестными. Уравнение (5) может быть использовано в качестве третьего уравнения. Уравнения (5), (10) и (11) приводят к:

$$-\frac{1}{R_{ш}}(npuI = I_{кз}) = \frac{(I_{кз} \cdot R_{ш} - V_{хх} + I_{кз} \cdot R_{п}) \cdot e^{\frac{I_{кз} \cdot R_{п} - V_{хх}}{N_{п} \cdot V_T}} - 1}{N_{п} \cdot V_T \cdot R_{ш}} - \frac{1}{R_{ш}}$$

$$1 + \frac{R_{п}(I_{кз} \cdot R_{ш} - V_{хх} + I_{кз} \cdot R_{п}) \cdot e^{\frac{I_{кз} \cdot R_{п} - V_{хх}}{N_{п} \cdot V_T}}}{N_{п} \cdot V_T \cdot R_{ш}} + \frac{R_{п}}{R_{ш}} \quad (12)$$

Теперь можно определить все неизвестные параметры, $R_{п}$ и $R_{ш}$, используя уравнения (8), (11) и (12). Процедура определения неизвестных параметров с помощью паспортных данных соответствует описанию на блок-схеме, показанной на рисунке 2 (Рис.2).

Для определения неизвестных параметров СП $EP-40W$ с помощью MATLAB параметры из паспортных данных сохраняются в окне команды MATLAB, а затем в MATLAB реализуется программа для определения неизвестных параметров.

Для СП $EP-40W$ мощностью 40 Вт были получены следующие результаты: $V_T=1.358$ В, $I_{ф}=2.10$ А, $I_0=9.0825e^{-007}$ А, $R_{п}=0,32$ ом $R_{ш}=565.42$ ом

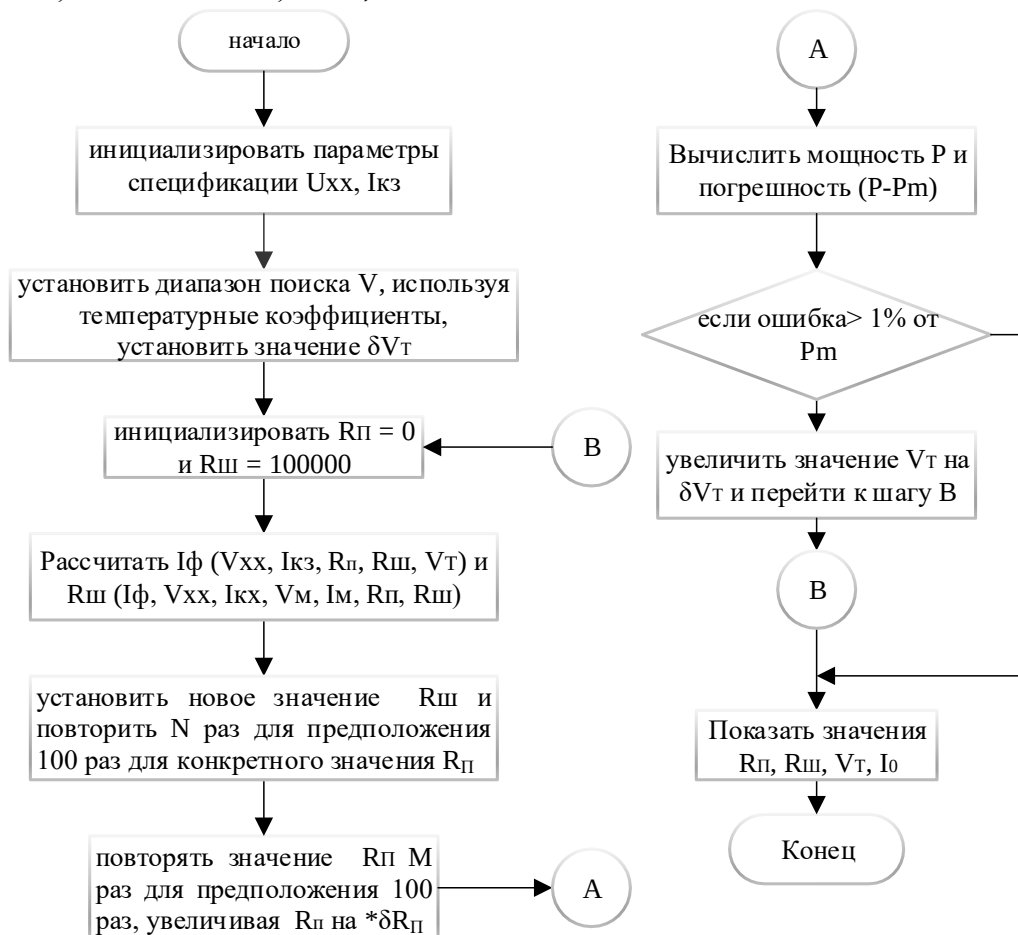


Рис.2. Блок-схема процедуры, принятой для поиска параметров

Выводы

Статья направлена на точную идентификацию неизвестных параметров СП по паспортным данным. Эти параметры помогают в поиске точной характеристики, которая

предназначена для разработки модели СП, чтобы можно было прогнозировать их выходную мощность для любых условий времени и местности. В статье определены все неизвестные параметры, такие как последовательные, шунтирующие сопротивления и т.д., необходимые для моделирования СП. Для конкретной СП мощностью 40 Вт $EP-40W$ были определены все неизвестные параметры и разработана точная модель.

Список литературы

1. Никола Ф., Джованни П., Джованни С., Массимо В. Силовая электроника и методы управления для максимального сбора энергии в фотоэлектрических системах. ISBN 9781466506909. CRC Press 2012.
2. Рабе А., Абделькадер А., Мохамед Дж., Суад Ч. Идентификация неизвестных параметров моделей солнечных элементов: всесторонний обзор доступных подходов. Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. Том 90, июль 2018 года, стр. 453-474. doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.011. <https://www.journals.elsevier.com/>.
3. Н.А. Какурина, Ю.Б. Какурин, Д.Е. Курсай, Н.А. Осипов. Исследование электрофизических характеристик солнечной панели с помощью компьютеризированного измерительного стенда. Инженерный вестник Дона, №3 (2016). <http://ivdon.ru/ru>.
4. Нтавухоракомейе Н., Ндайрагиже Л. Проектирование и разработка экономически эффективного контроллера заряда автономной солнечной электростанции. Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» № 1/2020 стр. 82-88.
5. Салман С., Синь А. И., Чжоуян В. У. Разработка контроллера заряда MPPT на основе алгоритма P – & – O для автономной фотоэлектрической системы мощностью 200 Вт. URL: <https://doi.org/10.1186/s41601-018-0099-8> (дата обращения 15.12.2019)

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ

М.В. СОБОЛЕВ, Д.Е. МОЖАЕВ

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет (РГГМУ)

Аннотация. Роботизированная система прокладки кабелей, управляемая человеком или автономно, использующая в своей основе микроконтроллеры ардуино

Ключевые слова: Arduino, робот, кабели, управление.

В нашем современном мире уже невозможно обойтись без цифровых устройств, для питания которых необходимо электричество, передаваемое через кабели, проложенные на линиях электропередач под окном, в стенах и под навесными потолками зданий. Зачастую для прокладки этих кабелей нанимаются специалисты, чья работа рассчитать длину, необходимый диаметр, а также мощность этих кабелей и провести их в дома, учебные заведения, предприятия, НИИ и многие другие здания, находящиеся в городах и областях. Во многих случаях, это занятие очень долгое, довольно опасное и занимающее длительные промежутки времени, однако разработанный нами подход, если не решит это, то хотя бы серьёзно облегчит деятельность работников данной области и людей, которым необходимо выполнение услуг такого рода в кратчайшие сроки.

Нами был спроектирован робот, способный выполнять задачи для прокладки кабелей. Он способен передвигаться автономно, следуя GPS-сигналам, если необходима прокладка на большую дистанцию или же при помощи оператора может прокладывать кабели на меньшем расстоянии, следуя командам с пульта управления.

Его преимуществами являются простота и отсутствие аналогов, доступных не по специальному заказу в конструкторском бюро и автономный режим работы. Принцип работы: с пульта по радиоволнам подаётся сигнал на плату управления, которая управляет моторами через шилд. В составе робота имеется четыре основных мотора, которые

отвечают за движение вперёд-назад и сервомотор контролирующий поворот первой пары моторов, что даёт возможность роботу совершать повороты. Так же в состав робота входит GSM/GPRS модуль SIM900, который передаёт сигнал с координатами своего текущего местоположения на пульт.

Робот представляет из себя небольшого помощника, к корпусной части которого фиксируются все кабели, которые необходимо проложить, после чего он (робот) помещается в труднодоступное для человека место, где необходимо проложить, прикреплённые к нему, кабели и под управлением работника, проводит кабели из точки «А» (начало маршрута и местоположение работника с пультом) в точку «Б» (конец маршрута).

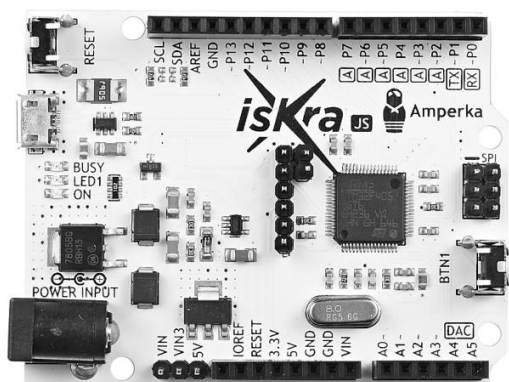


Рис 1. Iskra JS

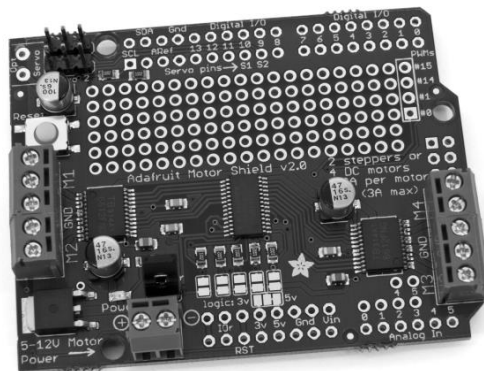


Рис 2. Motorshield Adafruit v2



Рис 3. F130-16165 5B

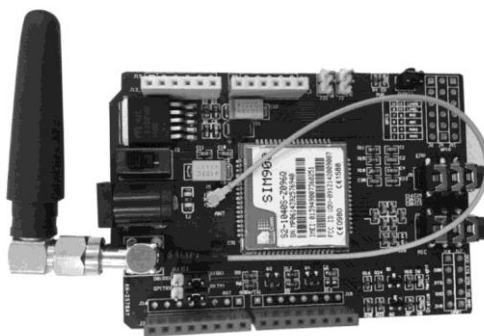


Рис 4. GSM/GPRS модуль SIM900

В качестве платы управления, которая будет обрабатывать и отправлять команды на модули, подключённые к ней была выбрана Iskra Js. Она обладает таким же набором выходов, как и итальянская плата Arduino UNO, однако имеет более низкую рыночную стоимость и не требует долгого ожидания поставок в виду производства в России. Motorshield Adafruit v2, представляет из себя плату, упрощающую управление моторами и была выбрана из-за простоты установки и возможности установки gsm/gprs модуля поверх, что позволяет уменьшить размеры .GSM/GPRS модуль SIM900, отвечающий за

поддержку платой GPS-сигнала имеет встроенный радиомодуль NRF24L01, позволяющий получать команды с пульта, а так же отправлять обратный сигнал с текущей выполняемой командой. Сервомотор MG995, мотор с дополнительным датчиком, фиксирующим текущий угол поворота, что позволяет по команде изменять текущий угол на фиксированный градус, был выбран в силу простоты в подключении и написании кода к нему. Плата Iskra JS не может подавать больше, чем 5 вольт напряжения, поэтому в качестве основной движущей силы были использованы DC моторы F130-16165 5В. Существует возможность использовать и моторы большего напряжения, для этого необходимо вместо motorshield Adafruit v2 использовать драйверы, которые будут играть роль, аналогичную шилду, но они потребуют дополнительное место. В силу большего количества необходимых соединений, придётся поменять расположения драйвера на макетной плате, разместить в других местах двигатели, переназначить пины для GSM/GPRS модуля и многое другое.

Перечень компонентов роботизированной системы прокладки кабелей:

1. Плата Iskra JS, рис.1
2. Motorshield Adafruit, рис.2
3. 4 dc мотора 5v, рис3.
4. 1 сервомотор MG995s
5. Gsm/gprs модуль SIM900, рис.4
6. Комплект аккумуляторов для работ на больших дистанциях состоит из 6 литиевых аккумуляторов 18650 (2 для питания платы, 4 для питания motorshield)
7. Комплект аккумуляторов для работ на ближних дистанциях состоит 6 аккумуляторных батарей AA (2 для питания платы, 4 для питания motorshield)

Корпус данного аппарата будет создан на 3d принтере FDM-технологии из пластика PLA.

По нашему мнению, разработка найдёт своё применение в реализации инфраструктурных проектов и бытовой сфере, её применение удешевит и упростит работы по прокладке кабелей в сложных условиях.

Список литературы

1. Вильямс Д., Программируемый робот, управляемый с КПК. М.: НТ Пресс. 2006.
2. Предко М., Устройства управления роботами: схемотехника и программирование. М.: ДМК Пресс. 2010.
3. Бишоп О, Настольная книга разработчика роботов. М.: НТ Пресс. 2010.
4. Юревич Е.И., Основы робототехники. М.: ВHV. 2020.

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

А.М. ДЕРЕВЯНКО, В.В. КОРОЛЕВ

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

Аннотация. Современные преобразователи частоты имеют необходимый и достаточный уровень функциональных возможностей. Дальнейшее их совершенствование идет по пути повышения энергоэффективности. В статье рассматривается вопрос оптимизации алгоритмов интеллектуального управления системой.

Ключевые слова: преобразователь частоты; алгоритмы управления; электропривод; моделирование электротехнических систем

I. Введение

В современном электроприводе, для управления асинхронным двигателем применяется схема преобразователь частоты – асинхронный двигатель, в которой регулирование скорости и момента двигателя осуществляется изменением частоты питающего напряжения. Преобразователи частоты ведущих производителей, таких как Vacon, ABB, Schneider electric, строятся со средним звеном постоянного тока.

Для преобразования постоянного тока в переменный, чаще всего применяется неуправляемый выпрямитель, что обусловлено, в первую очередь простотой реализации и дешевизной в производстве. Преобразование из постоянного в переменный осуществляется автономным инвертором напряжения, в качестве вентилей чаще всего применяются IGBT-транзисторы, позволяющие использовать широтно-импульсную модуляцию, для улучшения динамических характеристик двигателя.

При применении схемы преобразователь частоты-асинхронный двигатель (рис.1) возникает две возможности для увеличения энергоэффективности схемы:

- Выбор оптимальной частоты широтно-импульсной модуляции;
- Применение активного выпрямителя в преобразователе частоты

II. Выбор оптимальной частоты широтно-импульсной модуляции

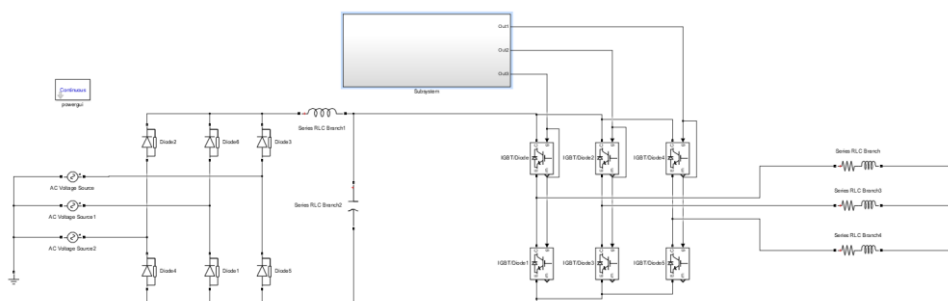


Рис. 1. Модель преобразователя частоты с неуправляемым выпрямителем

При преобразовании постоянного тока в переменный происходящем в преобразователе частоты, питающее напряжение приобретает высшие гармоники,

негативно сказывающиеся на синусоидальности напряжения, а, следовательно, и на коэффициенте полезного действия двигателя.

Для формирования кривой выходного тока используют ШИМ, что позволяет уменьшить несинусоидальность питающего тока, за счет отсутствия влияния высших гармоник в моменты нулевых пропусков. Чем выше несущая частота ШИМ, тем меньшее влияние на выходное напряжение оказывают высшие гармоники, однако, несущая частота ШИМ на прямую зависит от коммутации клапанов в преобразователе. При высокой частоте коммутации, увеличивается динамические потери в инверторе, в следствии чего, выбор максимальной или минимальной частоты не является оптимальным.

Таким образом, необходимо найти частоту, при которой суммарные потери в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель минимальны.

III. Применение активного выпрямителя

Так же, для увеличения энергоэффективности системы возможно построение преобразователя частоты с применением управляемого выпрямителя (рис.2). Выпрямитель строится на IGBT-транзисторах, работающих в релейных или импульсно-модуляционных режимах широтно-импульсной модуляции.

Применение активного выпрямителя позволяет использовать высоко-динамичное управление по DTC-алгоритмам, способное быстро реагировать на изменение нагрузки и напряжение питания.

Таким образом, можно избежать оптимизации механической части привода, установок редукторов или передач не требуется, так же можно отказаться от установки разрядных сопротивлений.

Наибольшим возможным напряжением для работы по алгоритмам DTC является 6кВ (преобразователь ACS 1000 фирмы ABB).

Для обеспечения работы DTC – алгоритмов необходимо построение электронной модели двигателя для вычисления координат вектора потокосцепления статора, электромагнитного момента, а также частоты вращения ротора для бездатчиковых систем.

Согласно координатам вектора потокосцепления, определяется алгоритм включения в работу клапанов преобразователя, для его перемещения в заданном направлении.

IV. Моделирование преобразователя частоты

Для исследования эффективности данных алгоритмов управления целесообразно провести исследование модели преобразователя частоты в пакете Simulink.

Для моделирования питающей сети используются три источника переменного напряжения соединенные в звезду с заземленной нейтралью.

Модель преобразователя частоты копирует его типовые элементы и способ их соединения. Неуправляемый или активный трехфазный мостовой выпрямитель, далее звено постоянного тока с LC фильтром и трехфазный автономный инвертор напряжения на IGBT-транзисторах. Их использование обусловлено наибольшей возможной частотой коммутации среди полупроводниковых элементов с подходящим, для задач силовой электроники, номинальным режимом работы. Параллельно с ними в противоположном направлении включены диоды, для осуществления вывода тока статора на разрядные сопротивления.

Асинхронный двигатель заменен на трехфазную активно-индуктивную нагрузку, соединенную в звезду, что является достаточным уровнем моделирования нагрузки для данного исследования. Путем изменения сопротивления и индуктивности системы, возможна имитация нагрузки на вал двигателя.

Используя данную модель (рис.1), возможно получить вывод об эффективности подбора частоты широтно-импульсной модуляции и сведения об энергоэффективности преобразователя частоты с неуправляемым выпрямителем.

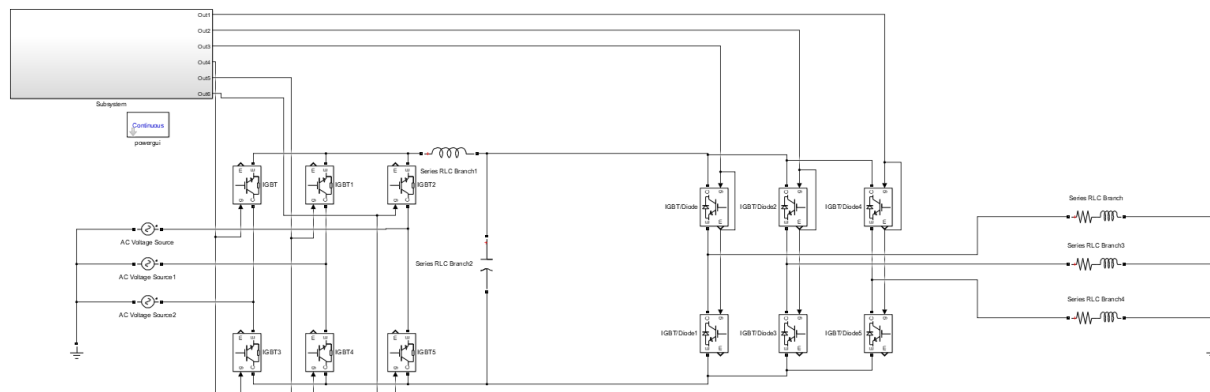


Рис. 2. Модель преобразователя частоты с активным выпрямителем

Сравнив результаты моделирования схем с (рис.1) и (рис.2) возможно определить целесообразность применения активного выпрямителя в преобразователе частоты. В данном случае важнейшим параметром для исследования является гармонический состав тока питающей сети. Изменение качества напряжения асинхронного двигателя, может быть обусловлено, как возможностью рекуперации энергии в сеть, так и улучшением качества напряжения в звене постоянного тока.

V. Заключение

Можно сделать вывод, о целесообразности использования энергоэффективных методов управления преобразователем частоты. Их применение обеспечивает, не только более высокое качество питающего напряжения для асинхронного двигателя, но и уменьшает величину паразитных токов, возникающих в питающей сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники часть 2. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет 2000. 158-200с
2. Козярук А.Е. Структура и алгоритмы управления асинхронным электроприводом с полупроводниковыми коммутаторами. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный горный институт 2006.
3. Крейдунова Ю.В., Бубнов А.В., Пахомов Д.В. Методика расчета частоты ШИМ в системе ПЧ-АД // Культура, наука, образование проблемы и перспективы часть III 68-70с. Нижневартовск: Издательство Нижневартовского государственного университета 2014.
4. Постников В.А., Аверин С.В. , Следков Ю.Г. Алгоритм управления трехфазным инвертором в режиме ШИМ // Практическая силовая электроника 2009 №1 (33) С. 24-30

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДА МЕТРО

В.В. КОРОЛЕВ., Р.А. ЧЕНИН, А.М. ДЕРЕВЯНКО

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

Аннотация. В данной статье рассмотрен функционал силовой схемы поезда, являющейся объектом автоматизации и функционал системы, автоматизирующей работу силовой схемы. Проанализированы результаты моделирования.

Введение

В настоящее время метрополитен Санкт-Петербурга нуждается в серьезнейшей модернизации, чтобы не отставать от мировых лидеров в данной специальности (метрополитены Сингапура и Токио). Автоматизация движения поезда метро является отличным первым шагом для вступления в гонку развития. Необходимо учесть загруженность пассажирами состава и лимитирование скорости на всём участке пути. В данной статье описывается модель Simulink силовой цепи поезда метро, в том числе и нагрузка на двигатели, неотъемлемой частью которой являются пассажиры. Также описывается система автоматизированного управления силовой схемой.

Силовая схема

На рисунке 1 пронумерованы экраны подсистем силовой схемы вагона, также расписаны определения необходимых терминов. Экран №1 является всеобъемлющим и содержит необходимые блоки и подсистемы для автоматизации движения поезда. Питаящая силовую схему батарея в 750 вольт, аналогом которой в реальной жизни является тяговая подстанция, подающая питание на контактный рельс, питая тяговые электродвигатели с помощью токоприемников. ЛК, собирающий и разбирающий схему. В подсистеме «Вагон» (экран №2) содержится 4 ДПТ ПВ, работающих в режиме S3 (повторно-кратковременном), РУТ, останавливающее вращение РК (т.е. выведение ПТС и ослабление поля) в случае превышения суммарного тока якоря двух групп ТЭД с учетом тока авторежимной катушки, авторежимная катушка, способствующая неизменному разгону независимо от коэффициента загруженности поезда пассажирами (так как заполненность пассажирами может отличаться в разных вагонах, то неизменяемость среднего ускорения играет важную роль в синхронизации работы двигателей разных вагонов), способствующие разгону поезда две подсистемы ПТС для ПП соединения ТЭД (экран №3) и две подсистемы резисторов (экран №4), шунтирующих обмотку возбуждения. Подсистема ПТС для ПС соединения ТЭД (экран №5) содержит 15 последовательно соединенных резисторов, выведение которых также способствует разгону поезда. Подсистема с нагрузкой (экран №6) рассчитывает момент на валу двигателей в реальном времени. Единственный метод разгона поезда: это выведение ПТС и ослабление возбуждения. Для разгона без каких-либо ограничений со стороны АЛС-АРС сначала выводятся поочередно с течением времени ПТС для ПС соединения ТЭД, далее схема перестраивается из ПС в ПП соединения ТЭД и начинают выводиться ПТС двух данных подсистем, далее после выведения всех ПТС шунтирующие резисторы начинают ослаблять поле. Также можно заметить пере-

менную load в блоках авторежимной катушки и в подсистеме нагрузки. Это коэффициент загрузки поезда пассажирами, где 0 соответствует пустому поезду, 1 – максимально заполненному.

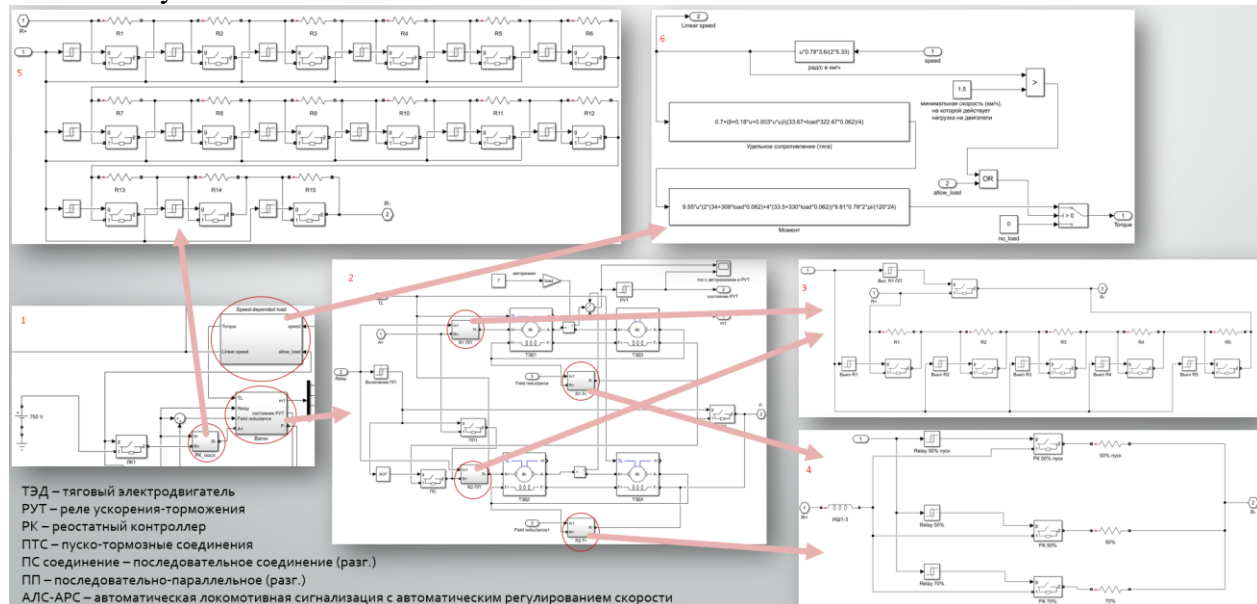


Рис.1 Силовая схема поезда метро

Результаты моделирования силовой схемы

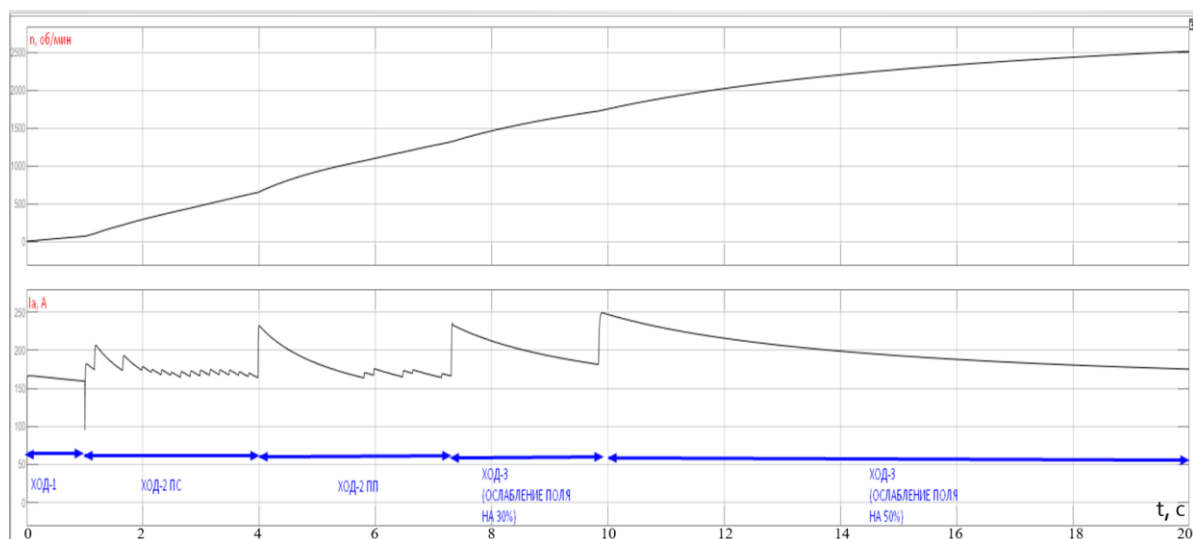


Рис.2 Результаты моделирования силовой схемы

На рисунке 2 представлены осциллограммы скорости вращения двигателей и тока якоря. С течением времени поезд безо всяких ограничений со стороны АЛС-АРС разгоняется с места до своей максимальной скорости (80 км/ч). Например, на осциллограмме тока якоря можно проанализировать как работает силовая схема. ЛК сразу же подает питание на ТЭД. В течение одной секунды поезд разгоняется в режиме «ход-1» с полностью введенными ПТС. Далее система управления начинает выводить ПТС за счет вращения РК. Режим «ход-2» подразделяется на два этапа: движение поезда при ПС соединении ТЭД и при ПП соединении. Далее после выведения всех ПТС в режиме «ход-3» дважды ослабля-

ется поле. Стоит отметить, что определенные этапы разгона легко видны благодаря скачкам на графике: увеличение напряжения на двигателях в два раза за счет перехода из ПС в ПП соединение, введение шунтов ОВ уменьшает ток возбуждения, тем самым уменьшает поток возбуждения, и так как скорость не может измениться моментально (в данном случае увеличиться), для компенсации уменьшающегося потока увеличивается ток якоря.

Автоматизация системы управления

На рисунке 3 скрин №1 показывает блоки и подсистемы АСУ. Благодаря блоку Multiport Switch можно воссоздать возможность получения поездом сигнала о значении разрешенной скорости спустя некоторое пройденное расстояние. Подсистема АЛС-АРС (скрин №2) в зависимости от значений разрешенной скорости принимает решение какой сигнал подать к подсистеме «Контроллер машиниста» (скрин №3), тем самым стремясь выполнить задачу: достичь скорости, максимально приближенной к разрешенной, но не превысить ее.

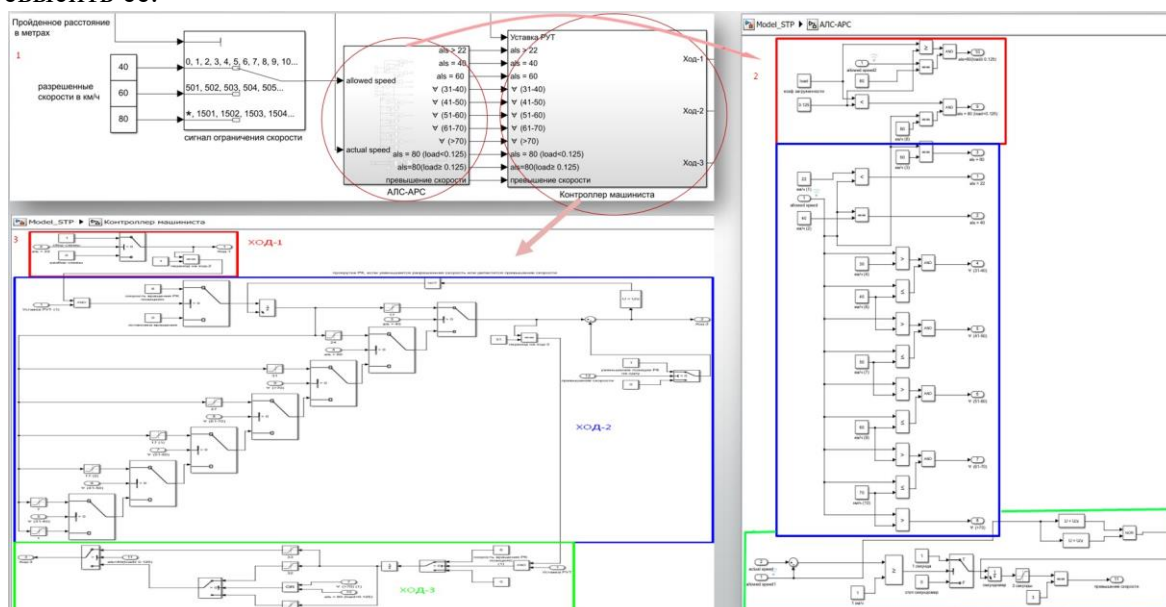


Рис.3 Система автоматизированного управления

Задача АЛС-АРС: выяснить в каком диапазоне скоростей находится разрешенная скорость и выполнить дополнительную, но не менее важную функцию: просигнализировать «Контроллер машиниста» в случае превышения фактической скорости разрешенной.

Метод максимальной приближённости к установившейся скорости, но без ее превышения, заключается в том, что РК останавливается на нужной позиции, которая дает нужную установившуюся скорость.

Стоит отметить, что установившаяся скорость разнится в зависимости от загруженности пассажирами, но разница небольшая (максимум 3 км/ч), и всё же АСУ хранит информацию установившихся скоростей при полной загруженности, реализовано это именно так, потому что безопасность пассажиров понижается с увеличением коэффициента загрузки, и прежде всего необходимо обеспечить спокойную и плавную поездку в поезде метрополитена в час-пик.

Реализован функционал уменьшения скорости, за счет уменьшения позиции РК, в случае превышения лимита. РК – это барабан, и он вращается в одну сторону, поэтому формулировка уменьшение позиции не совсем корректная. Правильно реализовать такую

модель, чтобы РК прокручивался по кругу до нужной позиции, которая меньше предыдущей.

Результаты моделирования сау

На рисунке 4 приведен пример следующей ситуации: первые 2 км разрешенная скорость 60 км/ч, после прохождения отметки в 2 км разрешенная скорость становится равной 80 км/ч. Коэффициент загруженности равняется 0.1. АСУ настроена так что если разрешенная скорость равняется 60 км/ч, то РК останавливается на 24 позиции. При большинстве вариаций коэффициента загруженности данная позиция реализует необходимую установившуюся скорость, но как минимум при коэффициенте загруженности в 0.1 (и меньше) установившаяся скорость будет больше 60 км/ч, поэтому срабатывает дополнительная функция АСУ: уменьшение позиции РК на одну, тем самым снижая значение установившейся скорости. Хотя и разрешенная скорость 80 км/ч, система не останавливает РК на последней (33й) позиций, а останавливает на 32й, так как коэффициент загруженности меньше 0.125 и последующее превышение лимита было бы не приемлемым.

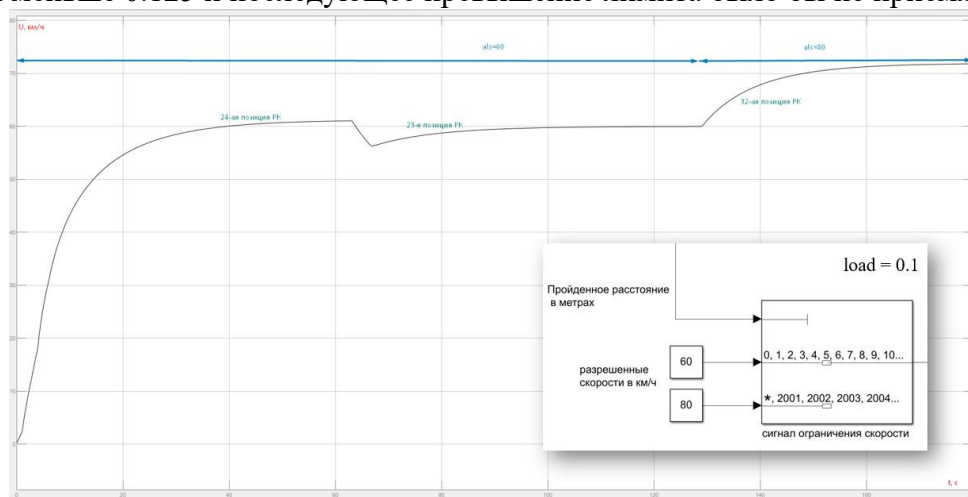


Рис.4 Результат моделирования САУ

Заключение

Смоделированы силовая схема вагона метро и система автоматизации ее управления, проанализированы результаты их моделирования. По итогу вагон способен поддерживать необходимую скорость и двигаться синхронно с одинаковой скоростью с другими вагонами из состава.

Список литературы

1. Korolev V.V., Zakharov A.Ye. Modelirovaniye sovmeshchennoy tyagovo-ponizitel'noy podstantsii metropolitena [Simulation of the combined traction-lowering substation of the subway] // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovaniye.[Quality. Education. Innovation]. 2018. № 6. pp. 114-119 (In Russian).
2. Korolev V.V., Zakharov A.Ye. Modelirovaniye elektrosnabzheniya podvizhnogo sostava metropolitena [Simulation of power supply for the mobile composition of the subway]. Izvestiya SPbGETU LETI [News ETU LETI]. 2019. № 1. pp. 66-73. (in Russian)
3. Zakharov A.Y., Gorkavenko S.O., Korolev V.V. Features of the calculation and simulation of a transformer for a substation. Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019. 2019. pp. 744-746.
4. Zakharov A.Y., Potekhin N.V., Korolev V.V. Simulation of control system for traction electric motors control of subway cars. В сборнике Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019. 2019. pp. 747-751.

РАЗРАБОТКА СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В. В. КОРОЛЕВ, Е. В. ЛИСКОВСКАЯ, А.М. ДЕРЕВЯНКО

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

Аннотация. В статье приводятся особенности конструктивного расчета и моделирование двигательного режима стартер-генераторной установки для авиационного газотурбинного двигателя. В качестве электрической машины используется синхронный двигатель с постоянными магнитами. Методика расчета, взятая за основу, позволяет учесть некоторые особенности работы электрической машины в составе системы авиационного двигателя.

Ключевые слова: синхронная машина с постоянными магнитами; газотурбинный двигатель; стартер-генератор

Система электроснабжения современного самолета не мыслима без пневматических и гидравлических систем, которые, как известно, обладают рядом недостатков.

В данной работе предпринята попытка уменьшить количество таких систем за счет применения в системе электроснабжения стартер-генератора для запуска и электроснабжения двигателя самолета. Рассмотрены вопросы проектирования и моделирования стартер-генератора.

В ходе проведенного анализа был выбран интегрированный способ компоновки электрической машины на базе синхронной электрической машины с постоянными магнитами.

Выполнен расчет электрической машины, в качестве исходных данных были взяты следующие параметры: номинальная мощность 3кВт, номинальная частота вращения 65000 об/мин, номинальное линейное напряжение 380В.

Моделирование электромагнитных процессов электрической машины осуществлялось для двигательного режима и основывалось на системе уравнений:

$$\begin{cases} u_{1d} = R_1 i_{1d} + \frac{d}{dt} \psi_{1d} - \omega_{0эл} \psi_{1q} \\ u_{1q} = R_1 i_{1q} + \frac{d}{dt} \psi_{1q} + \omega_{0эл} \psi_{1d} \\ \psi_{1d} = L_{1d} i_{1d} + \psi_{2d} \\ \psi_{1q} = L_{1q} i_{1q} \\ \psi_2 = \psi_{2d} \end{cases}$$

где u_{1d} и u_{1q} - проекции пространственного вектора напряжения, приложенного к обмотке статора (U_1) на оси d и q; i_{1d} и i_{1q} - проекции пространственного вектора тока в фазной обмотке статора на оси d и q; ψ_{1d} и ψ_{1q} - проекции пространственного вектора полного потокосцепления обмотки статора на оси d и q; ψ_2 и ψ_{2d} - полное потокосцепление ротора и проекция пространственного вектора потокосцепления ротора на ось d; L_{1d} и L_{1q} - полные индуктивности обмоток статора по осям d и q; R_1 - активное сопротивление фазы обмотки статора; $\omega_{0эл}$ - угловая скорость вращающейся системы координат d-q в электрическом пространстве.

Уравнение движения:

$$p\omega = \frac{1}{Jp} (M_{эм} - M_c),$$

где $M_{эм}$ - электромагнитный момент синхронного двигателя; J - момент инерции привода; M_c - момент нагрузки, включающий в себя момент нагрузки на валу и момент потерь вращения двигателя; ω - скорость ротора в физическом пространстве; $p=d/dt$.

Уравнение напряжений для обмотки статора:

$$\bar{U}_1 = R_1 \bar{I}_1 + \frac{d}{dt} \bar{\Psi}_1 + j\omega_{0эл} \bar{\Psi}_1,$$

где U_1 - вектор напряжения, приложенного к обмотке статора; $R_1 I_1$ - вектор падения напряжения в активном сопротивлении обмотки статора; $j\omega_{0эл} \bar{\Psi}_1$ - вектор ЭДС вращения; $d\Psi_1/dt$ - вектор ЭДС самоиндукции, появляющейся в переходных процессах и связанный с изменением потокосцепления обмотки статора.

Модель разрабатываемого стартер-генератора для двигательного режима в программной среде Matlab Simulink представлена на рисунке 1.

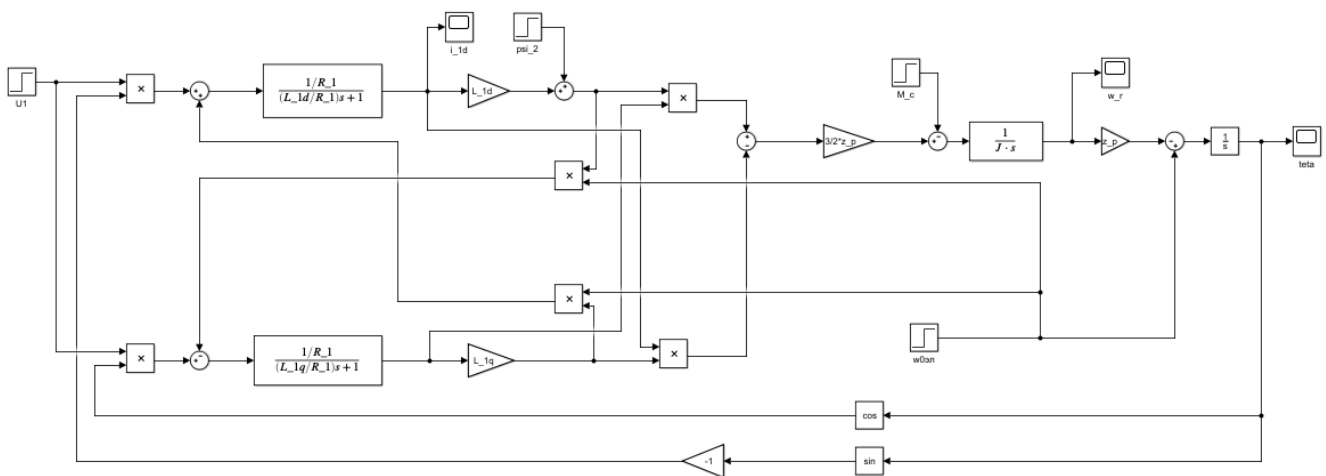


Рис.1 Модель стартер-генератора

Проведенные расчеты и моделирование двигателя позволяют говорить о целесообразности дальнейших расчетов и моделирования данной стартер-генераторной машины.

Список литературы

1. В.В. Королев, Е.В. Лисковская, Д.А. Павлов Расчет и моделирование стартер-генератора авиационного газотурбинного двигателя // XXIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2020). Сборник докладов. Санкт-Петербург. 27–29 мая 2020 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 337 с., с.296-298
2. Detailed Design of a High Speed Switched Reluctance Starter/Generator for More/All Electric Aircraft / Song Shoujuna, Liu Weiguo , Dieter Peitsch, Uwe Schaeferb // Chinese Journal of Aeronautics. 2009, вып. № 23(2010). С. 216-226.
3. Власов А.И. Магнитоэлектрический стартер-генератор в системе электроснабжения самолетов нового поколения: автореф. дисс. канд. техн. наук / ЧГУ им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, 2010. — 20 с.
4. Смирнов А.Ю. Особенности конструирования и анализа высокооборотных синхронных машин с постоянными магнитами на роторе // Электроэнергетика и электротехника. 2013, вып. № 4 (101). С. 231-235.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ИННОВАТИКА

ЧТО ТАКОЕ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА?

А.А. ШИРОКОВА

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

Аннотация. Развитие управленческой практики, внедрение современных систем менеджмента и их объединение позволяют организациям снижать общие издержки на качество, а также точнее удовлетворять запросы потребителя. Одними из наиболее востребованных в последнее время систем организационного менеджмента являются интегрированные системы менеджмента (ИСМ), отвечающие требованиям нескольких международных стандартов на системы менеджмента. Объединение структур менеджмента образовывается для получения выгоды и преимуществ в соотношении с потребностями организации по совершенствованию ее внутренних условий при одновременном удовлетворении требований международных стандартов.

Ключевые слова: интегрированные системы менеджмента, безопасность, менеджмент качества, качество, объединение требований стандартов, управление предприятием, преимущества внедрения, международные стандарты.

Интегрированная система менеджмента (далее - ИСМ) представляет собой совокупность двух и более систем менеджмента, взаимодействующих как единое целое.

Наиболее известными составляющими ИСМ организации являются система менеджмента качества по ИСО 9001, система экологического менеджмента по ИСО 14001, система менеджмента охраны здоровья и безопасности труда по ИСО 45001, и иные системы менеджмента.

Для чего необходима интегрированная система менеджмента?

Для большинства российских компаний, которые проявляют желание конкурировать на равных с западными компаниями, сертификация на соответствие стандартам, которые приняты в России, а также и за рубежом, делается обязательной. Интеграция систем менеджмента, которые соответствуют требованиям нескольких международных стандартов одновременно, - это перспектива для устойчивого развития организации или предприятия. ИСМ гарантирует согласованность и структуру мероприятий внутри организации [3].

Необходимо подчеркнуть то, что внедрение ИСМ соединяет в себе достоинства каждой из входящих в ИСМ систем менеджмента. ИСМ особенно приемлемо дает возможность реализовать требования по увеличению уровня экологии, безопасности, качества и др.

За последние годы вопрос внедрения ИСМ делается все наиболее ключевым для российских компаний, встречающихся со значительной конкуренцией со стороны западных и кое-каких отечественных компаний, которые доказали свои достижения в области управления качеством, экологии и безопасности труда.

Возможны следующие цели интеграции системы менеджмента:

1. Финансовые – понижение затрат на поддержание системы менеджмента за счет снижения повторения функций, уменьшая количество документов и процедур,

организовывая наиболее результативные и эффективные внешние и внутренние аудиты и т.д.;

2. Экономические – организация согласованного и уравновешенного управления компанией по избранным направлениям для того, чтобы достичь ее стратегических целей, увеличения результативности и экономической эффективности;

3. Организационные – совершенствование подходов руководства компанией, процессов, экологических концепций, угроз и рисков [1].

Любая следующая цель предусматривает включение в себя и предыдущих, т.е. степень интеграции будет увеличиваться. Исходя из этого при определении целей интеграции высшему руководству необходимо принимать во внимание ограничения и возможности, свойственные для компании, взаимодействующие со спецификой активной системы общего менеджмента, подготовленностью организации к управленческим обновлениям и присутствием необходимых ресурсов для внедрения ИСМ [2]. Полезность формирования ИСМ обусловлена тем, что в сравнении с созданием некоторого количества автономных систем менеджмента она способствует колоссальному единству действий внутри организации.

Что такое ИСМ?

Интегрированная система менеджмента (ИСМ) - это составляющая единой системы управления, соответствующая требованиям двух или более международных стандартов и функций в целом [5]. Разумеется, ИСМ не надо отождествлять с общей системой управления организации, которая связывает все моменты функционирования организации, ибо ИСМ не учитывает вопросы финансового, инвестиционного менеджмента, управления ценными бумагами и т. д.

Что дает ИСМ?

Положительный момент внедрения ИСМ:

1. Увеличение технологической степени разработки, внедрения и использования систем менеджмента.

2. Создание стандартизированной согласованной структуры менеджмента.

3. Уменьшение расходов на создание, использование и сертификацию.

4. Допустимость сочетания некоторого количества процессов в рамках ИСМ (управление документами, внутренние аудиты, анализ управления, планирование, обучение).

5. Увеличить адаптируемость и подвижность к меняющейся среде.

6. Рост притягательности для заинтересованных сторон, инвесторов, потребителей.

Коллективное внедрение объединенных стандартов может существенно уменьшить цену и темп внедрения систем [4].

Интеграцию систем менеджмента (безопасность пищевых продуктов, экология, качество, безопасность и социальная ответственность и т.д.), соответствующих требованиям международных стандартов, необходимо рассматривать как заблаговременное обязательство для устойчивого развития организации.

Как построить ИСМ?

Построение ИСМ, которая называется «с нуля», следует базировать на принципах, принятых в международных стандартах менеджмента. Также в роли базовых необходимо установить принципы управления качеством, первым делом, такие как лидерство руководителя, процессный и системный подходы, постоянное совершенствование и вовлеченность работников.

Осуществление непосредственно этих принципов дает возможность оптимальным образом реализовать объединение положений стандартов из отдельных систем в однородный механизм.

Принципы процессного и системного подходов возможно реализовать через создание интегрированной модели процессов ИСМ согласно требованиями выбранной группы стандартов.

Ниже приведен алгоритм, согласно которому возможно разработать модель:

- Хронологический анализ отобранных стандартов для того, чтобы определить требования касательно процессов, которым необходимо находиться в системе менеджмента организации;
- Исследование взаимосвязей среди процессов (выделение потоков документации, информации, ресурсов, интегрирующих процессы в систему);
- Определение единых требований стандартов к процессам, документации и ресурсам для ликвидации повтора компонентов ИСМ;
- Хронологическая декомпозиция процессов ИСМ, которая нужна для присоединения в модель всех необходимых процессов;
- Выстраивание и исследование системы взаимосвязей процессов ИСМ;
- Изучение соответствия составленной модели изначально определенным требованиям стандартов и нейтрализация обнаруженных несоответствий [3].

Нет оснований сомневаться в пользе разработки ИСМ. Перечислим очевидные преимущества ИСМ:

1. Интегрированная система реализует хорошую согласованность операций внутри компании, тем самым увеличивая синергетический эффект, состоящий в том, что единый результат от согласованных операций больше, чем сумма отдельных результатов.
2. Интегрированная система уменьшает функциональную раздробленность в организации, которая появилась при создании самостоятельных систем менеджмента.
3. Разработка ИСМ, в большинстве случаев, гораздо менее трудоемка, чем разработка некоторого количества параллельных систем.
4. Количество внешних и внутренних связей в интегрированной системе меньше, чем общее количество этих связей в нескольких системах.
5. Объем документов в интегрированной системе намного меньше, чем общий объем документов в нескольких параллельных системах.
6. В интегрированной системе реализуется намного больший уровень вовлеченности сотрудников в улучшение деятельности компании.
7. Умение интегрированной системы принимать во внимание равновесие интересов внешних сторон организации выше, чем при функционировании параллельных систем [2].

Более того, расходы на разработку, эксплуатацию и сертификацию ИСМ ниже, чем общие затраты при нескольких системах менеджмента.

Внедрение ИСМ на предприятии предоставляет возможность решить некоторое количество различных проблем, таких как: маленькая эффективность планирования и контроля, долгий срок внедрения группы стандартов в организацию; путаница в связях между системами управления качеством, экологией, профессиональной безопасностью и здоровьем при независимом внедрении.

В последнее время большое количество предприятий с нарастающей частотой внедряют несколько ИСМ в целях интенсивного прогрессирования и увеличения уровня конкурентоспособности. Международный опыт позволяет увидеть, что только те органи-

зации, которые смогли внедрить эффективные ИСМ, добиваются устойчивых успехов на мировом рынке.

В современных условиях как раз таки ИСМ способны обеспечить реализацию требований всевозможных заинтересованных сторон, а значит гарантировать предприятию долговременный успех.

Список литературы

1. Голубенко О.А., Глухова С.А. Особенности внедрения системы менеджмента качества на торговом предприятии малого масштаба / Безопасность и качество товаров // Материалы IX Международной научно-практической конференции // Изд-во ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ". - 2015. С. 43-49.
2. Голубенко О.А., Коник Н.В., Тяпаев Т.Б. Экономика качества: учебное пособие. – Саратов. - 2011.
3. Голубенко О.А., Коник Н.В. Стандартизация, подтверждение соответствия и метрология: учебное пособие. – Саратов. - 2011.
4. Коник Н.В., Голубенко О.А., Шутова О.А. Современные представления о безопасности и качестве / Актуальные вопросы науки и техники // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции//. - 2015. С. 171-174.
5. Малахова, Ю. Г. Управление качеством: учеб. пособие / Ю. Г. Малахова, Е. А. Жирнова, Н. В. Захарова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск. - 2014. – 168 с.

МЕТРИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА EVENT-МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ И ЭМОЦИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

К.Е. ХОРЕВ, В.П. СЕМЕНОВ

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

Аннотация. В работе рассматриваются метрики оценки качества event-мероприятий и вовлеченности потребителей в процесс реализации мероприятия. На основе применения данных инструментов организаторы могут анализировать те, аспекты мероприятий, которые оказывают влияние на лояльность клиентов по отношению к ивентам конкретного организатора. Также в работе предложены подходы, способствующие повышению потребительской лояльности и созданию позитивного эмоционального фона для участников событий.

Ключевые слова: ивент, мероприятие, метрика, организатор, участник, лояльность, качество, эмоции, мобильное приложение

На сегодняшний день существует крупный арсенал средств для оценки полезности мероприятий с разных точек зрения. Исследование портала Eventforce, проведенное среди специалистов ивент индустрии США и Великобритании в 2017 году, показало, что основными метриками по оценке эффективности мероприятия остаются отзывы участников, количество регистраций и количество фактических участников мероприятия. Однако, организаторам необходимо повышать уровень качества сбора и анализа данных на мероприятии [6].

Участник — главное действующее лицо мероприятия. Ради участников и благодаря им мероприятия имеют свой смысл. Поэтому именно в плане потребительских предпочтений участников должен быть фокус внимания в плане оценки эффективности: насколько, в чем конкретно ивент был полезен? Технологии event-индустрии дают все больше возможностей дойти до истины. И хотя многие из таких способов еще достаточно затратны, организаторы скоро придут к их регулярному применению на практике, поскольку данные

инструменты позволяют узнать, что на самом деле чувствует и думает участник мероприятия, что позволяет проанализировать успешность мероприятия [7].

В рамках каждого мероприятия существуют несколько категорий участников, каждая из которых имеет собственные приоритеты в ходе ивента, поэтому и оценивать эффективность и качество мероприятия необходимо с разных точек зрения, используя различные критерии. Такой комплекс может включать в себя [8]:

- *обратную связь*. Как правило, это означает опросы: онлайн и оффлайн; до, во время и после ивента. Традиционно уровень удовлетворенности участников и посетителей организаторы пытаются оценить при помощи опросов. Данный способ нельзя скидывать со счетов, но следует понимать, что он не может дать 100% правдивой информации и четкого представления о том, удовлетворены ли участники мероприятия или нет. Например, потому, что люди склонны запоминать негативные моменты (феномен негативного восприятия), даже если в целом все понравилось. Также одна из важных метрик, которые можно определить с помощью опросов - Индекса потребительской лояльности (NPS). Интервьюирование позволяет измерить NPS, и получить данные для диагностики недовольства. Интервьюирование — это важно, но этого недостаточно. Чтобы быть эффективной, концепция NPS должна быть встроена в ткань бизнес-процессов.
- *ROI*. Наиболее популярная метрика и основной показатель, предоставляемый спонсорам мероприятия. ROI наглядно демонстрирует финансовый успех или неуспех мероприятия и остается одним из наиболее весомых инструментов оценки эффективности ивента. Однако, ROI все же это не единственный способ оценки. Для партнеров ивента также будут важны такие показатели, как уровни вовлеченности и цитируемости в социальных сетях, количество кликов и переходов на сайт спонсора события, количество потенциальных клиентов, чьи контакты были получены после события.
- *количество регистраций и фактическое число участников мероприятия*. Здесь важно тщательно измерить оба показателя, и анализировать причины, по которым эти цифры сильно отличаются друг от друга.
- *количество участников, повторно посетивших мероприятие*. Весьма значимая статистика, которая показывает, насколько содержательная часть события отвечает потребностям целевой аудитории ивента.
- *уровень медиа охвата* (количество упоминаний и цитируемость в СМИ) и вовлеченности целевых групп до, во время и после ивента. Последнее измеряется числом сообщений между членами группы при использовании цифровой платформы управления мероприятием или количеством упоминаний (хештег мероприятия, лайки, репосты) в социальных сетях. Данная метрика будет полезна как организаторам, так и партнерам.
- *результаты голосований в режиме реального времени* (полезен ли контент, спикер, инструмент, используемый на ивенте). Данный метод позволяет участникам оказывать влияние на ход программы ивента, организаторам — увидеть преимущества и недочеты содержания мероприятия, а спикерам — понять, полезен ли их контент, привлекателен стиль презентации и т.п.
- *отслеживание перемещений участника по площадке проведения мероприятия*, где участник задержался, на чем был сосредоточен, что привлекло внимание. Такие технологии, пока еще мало применяемые и финансово затратные. Однако, они способны дать организаторам массу инсайтов и существенно улучшить качество различных аспектов мероприятия.

- *измерение эмоций*. Впечатления от мероприятия — нематериальный, но едва ли не самый важный аспект, что уносит с собой каждый участник события — теперь тоже можно измерить. Платформы, подобные Sensum, используют комплекс биометрических данных, полученных во время мероприятия, чтобы обеспечить понимание ощущений и чувств каждого конкретного участника или посетителя.
- *портативные устройства*, предоставляющие аналитику по ивенту в режиме реального времени. Например, система EventBit показывает участнику, сколько времени он присутствовал на каждом стенде, семинаре, круглом столе и даже, сколько километров он прошел. Система также дает рекомендации по нетворкингу и программе мероприятия [2].

Специфика мероприятий строится на том, что участники оценивают их с точки зрения эмоционального сервиса, а не материального [5]. Таким образом, управляя эмоциями участников и воздействуя на них, организатор способен управлять качеством событий.

Как работать на это качество? Как вызвать у посетителей определенную эмоцию? У участника события индекс потребительской лояльности растет в ряде случаев: если участник получает актуальную информацию о программе мероприятия, спикерах, трансфере; способен составить персональное расписание через предоставленный организатором ресурс; без труда находит место проведения и не теряется в коридорах и секциях на больших конференциях. Воздействовать на лояльность потребителя в event-индустрии можно с помощью следующих методов [4]:

- Если на мероприятии ожидается присутствие гостей из других городов, есть инструмент, который их удивит и создаст впечатление гостеприимного организатора. Так как время прибытия гостей известно заранее, можно запрограммировать специальные уведомления с рекомендациями после приезда. По прибытии в город приложение пришлет гостю индивидуальное приветствие и отправит в специальный раздел меню с информацией, как удобнее добраться до площадки проведения события, где можно посетить кафе и вкусно поесть, какие достопримечательности стоит посмотреть и т.д. [1].
- Многие люди, кто часто посещает конференции и другие публичные мероприятия, хотели бы максимально сократить процедуру регистрации, чтобы быстрее начать решать личные задачи. На этот случай можно предложить участникам альтернативный способ регистрации — в одно касание, без росписей, паспортов и документов. В этом может помочь QR-сканер для регистрации и контроля посещаемости. Система работает в связке мобильного приложения и программы-сканера для планшетных компьютеров. Программа-сканер автоматически узнает участника и записывает его. Для корпоративных мероприятий такой сканер решает дополнительные задачи: можно узнать количество человек, посетивших конкретную лекцию, а также узнать, кто не присутствовал, хотя должен был, кто ошибся залом и слушал не ту лекцию, которую нужно было и т.д. Для этого нужно повесить такие сканеры у входа в каждый зал или аудиторию.
- В рамках мероприятия участники выкладывают фотографии, пишут твиты и видят их на большом экране. Через приложение задают вопросы выступающему спикеру и составляют рейтинги докладов. Голосуют в интерактивных опросах и видят результаты голосования, докладчик их учитывает и развивает отклик аудитории во время выступления. По сути, всеми этими действиями участники напрямую влияют на контент события. Они сопричастны, ощущают себя частью общего действия [3].
- Многие участники посещают конференции, чтобы послушать определенные доклады. И, если в расписании что-то меняется, сдвигается очередность и время выступлений,

появляется риск пропустить нужный семинар. Мобильное приложение позволяет минимизировать такой риск — организатор получает возможность оповестить участников о любых изменениях с помощью push-уведомлений. Даже если доклад перенесли, но организатор вовремя уведомил посетителей, они чувствуют заботу со стороны сотрудников мероприятия. Push-уведомления помогают решать задачи информирования аудитории, напоминают о любых важных событиях и моментах со стороны организатора.

- Все чаще люди приезжают на конференции, чтобы пообщаться с коллегами лично. Остальные действия можно сделать онлайн. Но личное общение незаменимо. Нетворкинг — один из основных мотивов посещения мероприятий. И мобильное приложение помогает знакомиться более эффективно. В приложении сразу видно список всех участников. Мобильные платформы позволяют ознакомиться, кто, где работает, чем полезен, начать чат и назначить встречу. Это гораздо быстрее, чем в толпе из сотен человек искать кого-то одного, кто может быть полезен. Кроме того, общение участников начинается раньше и не заканчивается вместе с событием. За несколько дней до начала мероприятия уже доступен список участников, можно заранее назначить встречи. А если посетители не со всеми успели познакомиться во время события, то всегда могут написать в чат и обменяться контактами [9].

Что будет с ивент-индустрией в ближайшем будущем – прогнозировать трудно. Большинство проектов перенесены на осень 2020 года. Если к этому времени массовые мероприятия уже будут разрешены, в индустрии может развернуться борьба – за площадки, подрядчиков и внимание участника. Игроки event-рынка переполнены креативом, и уже сегодня начинают придумывать альтернативные способы заработка и привлечения участников. Так что, если мыслить позитивно, возможно, эксперты в ивент-сфере находятся на пороге новых открытий, и скоро появятся новые интересные высокотехнологичные форматы мероприятий, которые получают даже больший отклик у будущих поколений. Следовательно, могут появиться и новые метрики по оценке качества мероприятий, а также новые программы лояльности. Также можно ожидать противостояния между заказчиками, которые уменьшают бюджеты на проведение мероприятий, и организаторами, которые будут вынуждены поднять ценник из-за курса валют.

Нужно понимать, что карантинные ограничения – это пусть жёсткие, но одни из самых показательных мер проверки устойчивости бизнес-идеи, сути тех или иных бизнесов, профессионализма и гибкости сотрудников этих компаний. За время карантина однозначно снизится экологический след от деятельности большинства участников рынка ивент индустрии. Есть надежда, что, пытаясь сохранить свои бизнесы в условиях карантина, ивентеры начнут активно использовать более экологичные опции: онлайн-форматы событий, технологии дополненной или виртуальной реальности и пр.

Список литературы

1. Алтухов С.В. Ивент-менеджмент в спорте. Управление спортивными мероприятиями: учебно-методическое пособие. – М.: Советский спорт, 2013.
2. Румянцев Д., Франкель Н. Event-маркетинг. Все об организации и продвижении событий. – Питер. 2017
3. Шумович А. Смешать, но не взбалтывать: Рецепты организации мероприятий.– учебное пособие. Москва: Альпина Паблишер, 2011
4. Деловой портал для профессионалов ивент индустрии «EventLive» [Электронный ресурс]. URL: http://event-live.ru/articles/shpargalka/shpargalka-1_473.html (дата обращения: 01.04.2020)
5. Официальный сайт Национального конгресс-бюро <http://russiacb.com/> (дата обращения: 05.03.2020).
6. Официальный сайт Российского союза выставок и ярмарок. [Электронный ресурс] URL: <http://www.uefexpo.ru/?id=39091> (дата обращения: 07.03.2020).

7. Официальный сайт «Росконгресс» [Электронный ресурс]. URL: <https://roscongress.org/o-fonde/> (дата обращения: 14.03.2020)

8. Официальный сайт школы бизнеса «ИПМ». 7 KPI маркетинга мероприятий [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipm.by/media/publications/publicbus/7-kpi-marketinga-meropriyatiy/> (дата обращения: 01.04.2020)

9. Официальный сайт «ЭКСПОФОРУМ» [Электронный ресурс]. URL: <http://expoforum-center.ru/> (дата обращения: 15.03.2020)

ПРОБЛЕМА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА ПРИ НИЗКОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Д.В. ФЕДОРОВ, А.А. БЕЗРУКОВ

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

Аннотация. Данная статья посвящена статистическому методу – контрольным картам Шухарта. На примере автоматизированного, массового производства рассмотрена производственная проблема выбора оптимальной группировки данных, чтобы оценить производственный процесс с точки зрения статистической управляемости.

Ключевые слова: Контрольные карты, Шухарт

Применение контрольных карт регламентируется ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Одной из проблем контрольных карт Шухарта является определение оптимальной группировки данных, чтобы нанести эти данные на карту. Данная проблема связана с вариацией внутри каждой подгруппы. Если вариация внутри каждой подгруппы очень низка – контрольные границы будут слишком узки, а если вариация большая – контрольные границы будут слишком велики.

Рассмотрим процесс нанесения этикетки на бутылку на предприятии X, где производство автоматизировано. Если давление в клеевом пистолете высокое – слишком много клея, и он останется на этикетке. Если давление низкое – клея будет недостаточно, и этикетка может быть не приклеена вовсе. Таким образом, измеряемым процессным параметром станет давление в клеевом пистолете. Каждые 15 секунд датчик замеряет давление в клеевом пистолете. Для устранения шумов происходит 3 измерения. За минуту давление измеряется 12 раз. Для удобства будем пользоваться программой STATGRAPHICS Centurion, чтобы строить контрольные карты.

По собранным данным предлагается построить контрольные карты с различными группировками. Первая группировка – 3 значения. Контрольная карта будет построена по каждому измерению, потому что каждому измерению присущи 3 замера (См.Рис.1).

При подобной группировке мы видим, что 27 точек выходят за контрольные пределы. Это может свидетельствовать о статистически-неуправляемом процессе, но прежде, чем делать выводы, необходимо рассмотреть карту размахов (См.Рис.2). Карта размахов позволит определить, удачно выбрана группировка данных или стоит рассмотреть другие группировки.

На карте размахов видно, что 13 точек находятся выше контрольных пределов. Это может служить основанием для выдвижения гипотезы о неправильной группировке данных. В книге “Статистическое управление процессами” Дональда Уилера и Дэвида Чамберса сказано, что карта размахов позволит определить адекватность единиц измерения. В

случае, когда единицы измерения не адекватны – предлагается либо уменьшить единицы измерения, либо увеличить вариацию внутри подгруппы.

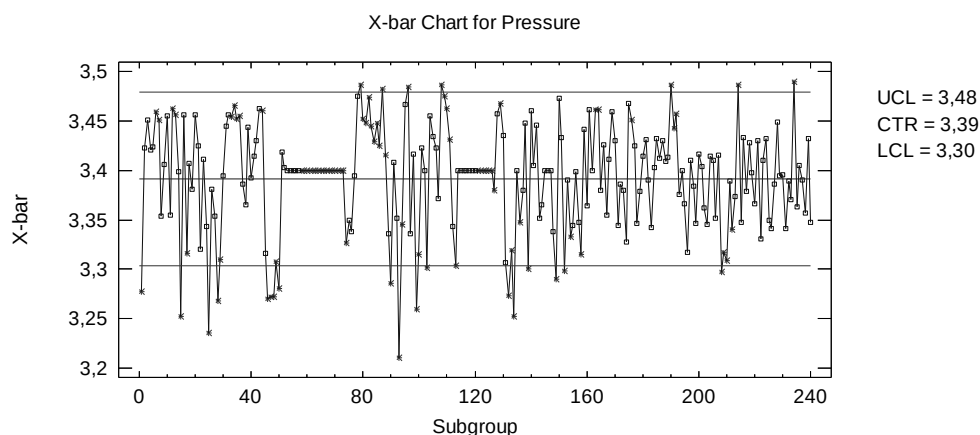


Рис. 1. Карта средних с группировкой по 3 измерения

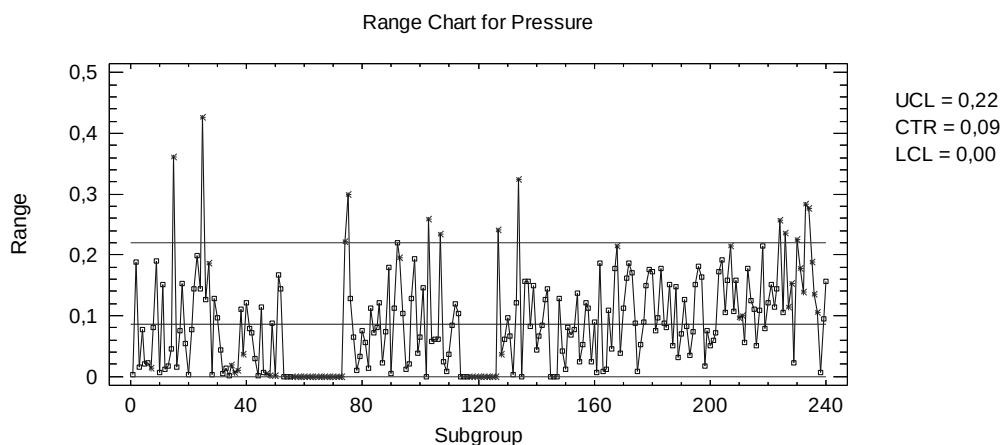


Рис. 2. Карта размахов с группировкой по 3 измерения

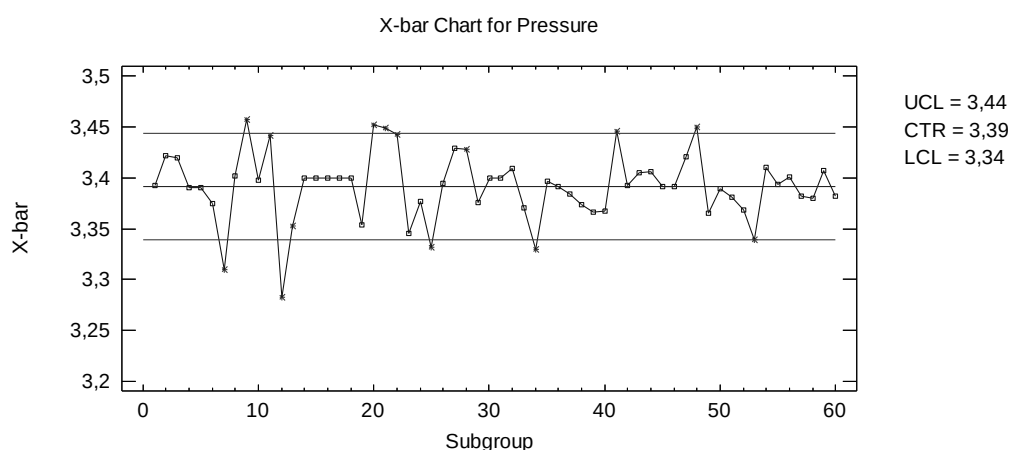


Рис. 3. Карта средних с группировкой по 12 измерения

Увеличим вариацию внутри подгруппы, рассмотрев измерения по минуте производственного процесса. Для этого нам понадобится группировать данные по 12 значений. Сначала построим карту средних (См.Рис.3).

На карте средних видно, что всего 10 точек находятся вне контрольных пределов. Прежде, чем делать вывод – предлагается в очередной раз рассмотреть карту размахов, чтобы сделать вывод об адекватности группировки (См.Рис.4).

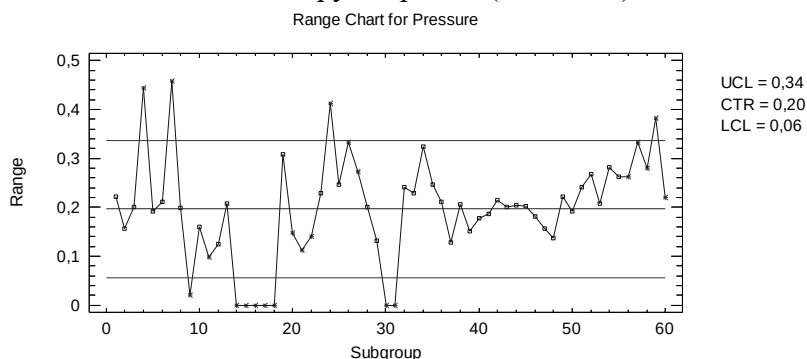


Рис. 4. Карта размахов с группировкой по 3 измерения

12 точек находятся вне контрольных пределов. Как и в первом случае – предлагается рассмотреть другую группировку данных, увеличив вариацию внутри каждой подгруппы.

Группировка по 36 значений. То есть мы группируем измерения за 3 минуты производственного процесса. Для начала построим карту средних и посмотрим, как выглядит производственный процесс (См.Рис.5).

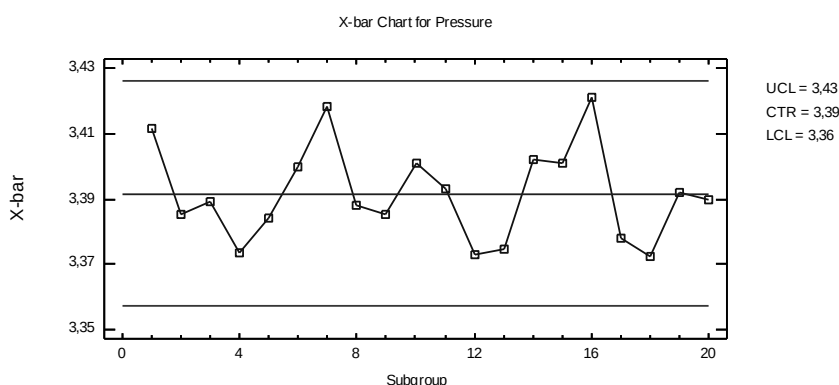


Рис. 5. Карта средних с группировкой по 36 измерения

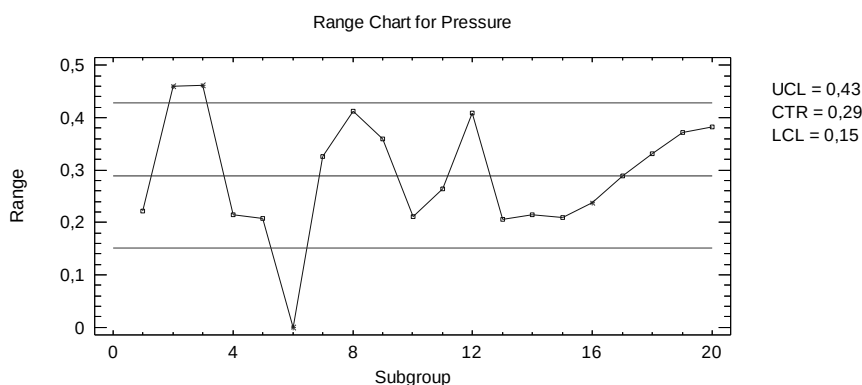


Рис. 6. Карта размахов с группировкой по 36 измерения

Мы видим, что весь процесс находится внутри контрольных пределов. Рассмотрим карту размахов, чтобы оценить адекватность группировки (См.Рис.6).

Всего 3 точки находятся за пределами контрольных границ. Можно рассматривать группировки и дальше, но целесообразнее остановиться на данной группировке в 36 значений.

Современное производство требует постоянного наблюдения, чтобы максимально быстро принимать решения, которые сохраняют деньги в компании. Статистика позволяет принимать эти решения только в том случае, если она структурирована и понятна для потребителя. Контрольные карты Шухарта являются одним из инструментов, которые грамотно и понятно структурируют полученные статистические данные.

Проблема чувствительности контрольных карт, затронутая в статье, демонстрирует важность правильной группировки данных. Именно неправильная группировка зачастую дает неверные гипотезы о состоянии процесса. В рассмотренном примере видно, что прежде, чем определять объем выборки, необходимо понять природу возникновения управляемой вариативности процесса. Руководствуясь этим правилом, при построении контрольных карт Шухарта, значительно сокращается количество ошибок первого рода.

Список литературы

1. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами
2. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта
3. STATISTICA. Контрольные карты. URL: <http://statistica.ru/local-portals/quality-control/kontrolnye-karty/>. (Дата обращения: 18.04.2020)

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Я.А. СУЛИМОВА

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

Аннотация. В настоящее время для достижения безопасных условий трудового процесса на предприятиях приборостроения весьма актуальным является проведение мероприятий по оценке рисков и управления ими. В статье произведен обзор методов анализа и оценки рисков, классификация методов оценки рисков.

Ключевые слова: риск¹, методы оценки рисков², анализ рисков³

Предприятия приборостроения занимают значительное место среди всех предприятий России. Без продукции этой отрасли не может быть создан ни один крупный объект. От успешной работы приборостроительных предприятий зависит экономическая и стратегическая безопасность России, вот почему анализ и оценка рисков в этой отрасли являются актуальной задачей настоящего периода и должны занимать важное место в современных системах управления на предприятиях приборостроения. Мониторинг и оценка рисков на всех стадиях жизненного цикла создаваемой продукции и разработка программ его снижения являются частью повседневной управленческой работы, одной из функций управления предприятием наряду с управлением финансовыми процессами, кадрами, качеством. Это привело к необходимости разработки конкретных методов и приемов их выявления при принятии и реализации управленческих решений.

Использование результатов анализа и оценки риска необходимо при декларировании промышленной безопасности, при обосновании безопасности опасных производственных

объектов, в разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций и других процедурах связанных с анализом безопасности.

Рассмотрение приборостроительного предприятия как единой системы, обладающей структурой и взаимосвязями между элементами позволяет избежать не качественных управленческих решений, приводящих к увеличению степени неопределенности. Рядом исследователей предлагается следующий алгоритм оценки рисков (Рисунок 1) [4].

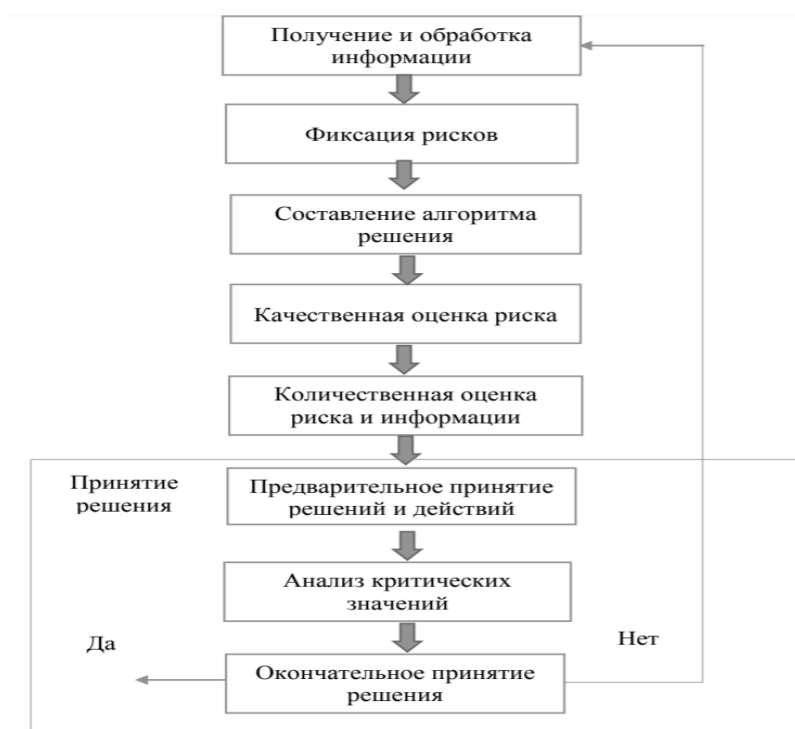


Рис. 1. Алгоритм оценки рисков

Рассмотрение приборостроительного предприятия как единой системы, обладающей структурой и взаимосвязями между элементами позволяет избежать не качественных управленческих решений, приводящих к увеличению степени неопределенности [3].

Важнейшим элементом риск-менеджмента является оценка рисков.

Наиболее применяемые методы оценки рисков собраны в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011, который содержит описание методов и рекомендации по выбору и их применению. Данный документ является основополагающим в области менеджмента риска и предназначен для предприятий различных отраслей промышленности, но допускает использование других методов оценки риска с учетом их применимости в конкретной ситуации [5].

Сравнительный анализ используемых методов оценки рисков показал, что их можно классифицировать в соответствии с исходной и результирующей информацией на количественные и качественные. Качественные методы проще в применении позволяют использовать меньший объем информации [1]. Практика зарубежных стран показала, что применение качественных методов дает наибольший объем рекомендации по обеспечению безопасности на промышленных предприятиях. Для удобства сведем их в таблицу.

Таблица 1

Качественные методы анализа рисков

Метод	Сущность метода
Метод аналогий	Предполагает, что оценщик анализирует базу данных схожих объектов, чтобы отследить характерные взаимосвязи и спроецировать их на объект оценки
Идентификация рисков	Предполагает сбор и детальное изучение информации о предполагаемых рисках
Причинно-следственный анализ	Предполагает эвристическое выделение рисков событий, формальный логический анализ их возможных причин и разработку антирисковых мероприятий
Метод события-последствия	Предполагает разделение проекта на элементы и выявление рисков для каждого из них

Итоги качественного анализа используются оценщиком в качестве базы для количественного анализа. Иными словами, идет оценка только тех рисков, которые фигурируют в соответствующей операции алгоритма принятия решения.

В литературе рассматриваются различные методы количественной оценки рисков. На предприятиях приборостроения наиболее часто встречающимися являются статистические методы оценки, логико-вероятностные методы, группа аналитических методов (рисунок 2). В силу простоты математических расчетов, наиболее распространенными являются статистические методы [2].

Количественные методы позволяют произвести расчет показателей риска и заключают в себе использование инструментов алгебры логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, а также требуют инженерных знаний и системного подхода.



Рис. 2. Количественные методы оценки рисков

Методы, совмещающие количественный и качественный анализ представлены на представлении в таблице 2.

Методы, совмещающие количественный и качественный анализ

Метод	Сущность метода
Метод экспертных оценок	Центральной фигурой этого метода является эксперт, проводящий оценку с помощью логических и математико- статистических методов
Создание профиля рисков или карты рисков	Предполагает оценку рисков проекта по ряду параметров и отражение их на группе соответствующих шкал. Полученный «профиль» сравнивается с «эталонным»

За идентификацию всех возможных рисков отвечает качественный анализ, который определяет факторы риска, последовательность работ, при выполнении которых возникает риск и т.д. За выявление размера ущерба от различных подвидов риска отвечает количественный анализ, который выявляет причины, источники риска и величину вероятных последствий.

Список литературы

1. Белов П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. Учебник и практикум / П. Г. Белов – М.: Юрайт, 2016. – 730 с.
2. Кизим А. А. Специфика риск-менеджмента промышленных предприятий в условиях неопределенности внешней среды / А. А. Кизим, О. В. Михайлюк, С. М. Саввиди // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2017. – № 8. – С. 7-14.
3. Кудряшова О. В. Особенности оценки рисков проектов НИОКР промышленных предприятий / О. В. Кудряшова, И. Б. Гусева. // Приволжский научный вестник. – 2017. №12 (28), часть 2. – С. 108-109. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-otsenki-riskov-proektov-niokr-promyshlennyh-predpriyu>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Мамаева Л. Н. Управление рисками: учебн. пос. / Л. Н. Мамаева. – 2-е изд. – М.: Дашков и Ко, 2017. – 256 с.
5. Роберт М. Марк Основы риск-менеджмента. Учебное пособие / Роберт М. Марк, Дэн Галэй, Мишель Круи / Под ред. В. Минасяна. – М.: Юрайт, 2018. – 390 с.

РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕРЕЗ ВНЕДРЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

В.Н. САВКО

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

Аннотация. В статье обосновывается рост востребованности устойчивого развития. А также раскрывается роль международных стандартов в достижение устойчивого развития организаций и предлагается графическая модель построения системы менеджмента на основе этих стандартов.

Ключевые слова: *устойчивое развитие¹, стандарт², система менеджмента³*

Устойчивое развитие организации подразумевает такое осуществление её деятельности, в основу которого положено стабильное и сбалансированное развитие в экономическом, социальном и экологическом аспектах.

На сегодняшний день устойчивость развития стала одним из ключевых факторов конкурентоспособности любой организации. Ситуация в мире складывается таким образом, что заинтересованные стороны хотят работать с «устойчивыми» организациями. Напри-

мер, директор программы «Зеленая экономика» WWF России Михаил Бабенко в своем интервью говорит о том, что сейчас многие компании ориентируют свой бизнес на потребителей нового поколения Z, которые не просто совершают покупки, а делают это с должной ответственностью. При выборе товаров и услуг особое внимание они уделяют тому, насколько производитель добросовестен перед обществом. [1], и отдают предпочтение организациям, которые помимо своего экономического развития, так же уделяют должное внимание социальному и экологическому. Так же Хуан Хосе Фрейхо (Juan José Freijo), директор по устойчивому развитию Brambles (CHER, IFCO) отметил тот факт, что сейчас инвесторы предоставляют серьезное финансирование только устойчивым компаниям, так как по их оценкам именно они имеют серьезные перспективы в будущем [2].

В 2015 году в рамках документа «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», принятого на семидесятой сессии Генеральной Ассамблеи ООН, были сформулированы 17 целей устойчивого развития (ЦУР), а так же 169 соответствующих задач. Эти цели и задачи дают четкие направления, в которых нужно двигаться. Например, генеральный директор ПАО «Газпром нефть» Александр Валерьевич Дюков утверждает, что их бизнес-стратегия построена на основе концепции устойчивого развития, а глобальные цели организации устанавливаются в согласии с ЦУР ООН [3]. При этом стоит отметить, что реализация такой стратегии требует соответствующих изменений в рамках организации, и чтобы их осуществить, применяются стандарты, позволяющие перенять огромный опыт, инновационные решения и многое другое.

Лидер в области стандартизации, Международная организация по стандартизации, ИСО (англ. International Organization for Standardization, ISO), поддерживает концепцию устойчивого развития и содействует достижению ЦУР. Генеральный секретарь ИСО, Серхио Мухика, утверждает, что стандарты ИСО могут способствовать воплощению Повестки дня 2030 в реальность таким образом, что никто не останется без внимания. В организации был разработан ряд специальных стандартов, способствующих каждой из целей. Особое внимание стоит уделить стандартам на системы менеджмента, так как для достижения намеченных целей и реализации разработанной стратегии необходим целостный комплекс взаимосвязанных и регулярно выполняемых управленческих действий.

Самый известный и востребованный стандарт Международной организации по стандартизации – это ISO 9001 «Системы менеджмента качества». Применение системы менеджмента, соответствующей требованиям данного стандарта, позволяет улучшить результаты деятельности организации, а также обеспечить почву для инициатив, ориентированных на устойчивое развитие [4].

В рамках серии стандартов ISO 9000, в число которых входит вышеупомянутый стандарт ISO 9001, также есть стандарт ISO 9004 «Руководство по достижению устойчивого успеха организации», который направлен на обеспечение уверенности в способности добиваться устойчивого успеха. Важным является факт того, что оба этих стандарта применимы к любой организации независимо от размера, типа и рода деятельности, и поэтому могут стать фундаментом для создания системы менеджмента, которая позволит достичь устойчивости в развитии.

Также стоит выделить известный стандарт, который помогает в экологическом аспекте устойчивого развития: ISO 14001, содержащий требования к экологическому менеджменту. А так же ISO 45001 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности тру-

да», и ISO 26000 «Социальная ответственность», которые помогут с социальной областью.

Таким образом, графическая модель системы менеджмента организации, построенная на основе стандартов, и способствующая достижению устойчивого развития, может выглядеть следующим образом (Рисунок 1):

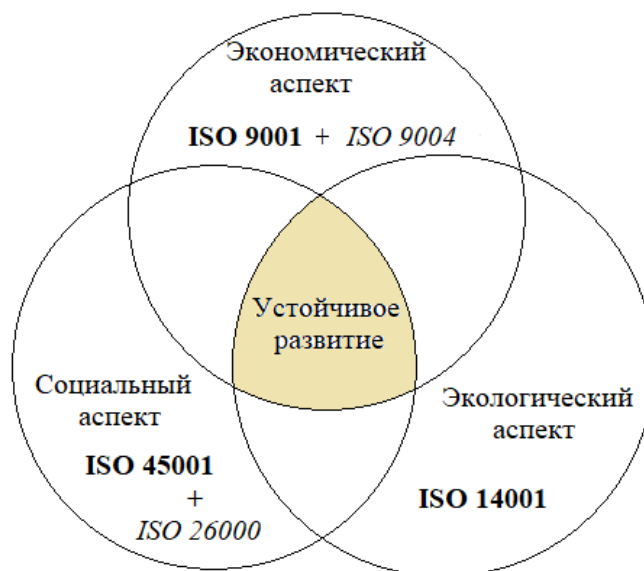


Рис. 1. Система менеджмента, направленная на устойчивое развитие

Такая система менеджмента положит основу для устойчивого развития, а уже в дополнении могут быть использованы специальные стандарты для совершенствования деятельности и получения результатов в отношении конкретных ЦУР. Например, для содействия по достижению Цели 8: Достойная работа и экономический рост, был разработан стандарт на системы менеджмента борьбы со взяточничеством – ISO 37001, способствующий экономическому процветанию. А для Цели 12: Ответственное потребление и производство, стандарт ISO 20400 «Устойчивые закупки», который является руководством, разработанным в целях внедрения устойчивости в закупочную деятельность.

Стандарты являются важными инструментами, позволяющими вносить вклад в достижение, каждой из ЦУР. Они основываются на международном сотрудничестве и включают в себя огромный опыт профессионалов. А стандарты на системы менеджмента позволяют организациям создавать прочную основу для достижения устойчивого развития.

Список литературы

1. Макаренко Г. (2018) Почему для бизнеса выгодно быть экологически ответственным [Интервью с директор программы «Зеленая экономика» WWF России, Михаилом Бабенко] // Медиахолдинг "РБК» (<https://www.rbc.ru/trends/green/5e7b21809a7947cb829a424f>).
2. Максимова В. (2018) Устойчивое развитие помогает больше зарабатывать [Интервью директора по устойчивому развитию Brambles (CHER, IFCO), Хуана Хосе Фрейхо] // Информационный портал Retail.ru (<https://www.retail.ru/interviews/ustoychivoe-razvitie-pomogaet-bolshe-zarabatyvat/>).
3. ПАО «Газпром нефть» Отчет об устойчивом развитии 2018 [Электронный ресурс] // Сайт организации ПАО «Газпром нефть» (<https://www.gazprom-neft.ru/social/reports/>)
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. «Системы менеджмента качества. Требования» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (<http://docs.cntd.ru/document/1200108542>)

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

М.Г. ПОДЛЕВСКИХ

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

Аннотация. Грамотно составленная образовательная программа, учитывающая интересы государства, представителей бизнеса и профессорско-преподавательского состава способствует устойчивому развитию факультета. В статье поэтапно рассматривается процесс разработки ООП, благодаря которой студенты обладают необходимыми компетенциями для осуществления трудовой деятельности.

Ключевые слова: образовательная программа, высшее образование, качество образования, устойчивое развитие

Процесс проектирования образовательной услуги является одним из наиболее регламентированных процессов в системе высшего образования. Государственные образовательные стандарты, лицензирование, методические рекомендации, инструкции, фактически стандартизованная форма описания услуги (учебный план, календарный график и рабочие программы), система аккредитации – все нацелено на избежание системных ошибок. казалось бы ,все образовательные услуги должны быть похожи, как шарики для пинг-понга. Возможно, именно поэтому очень часто к проектированию услуги вузы относятся весьма формально, хотя теория управления качеством уже давно доказала, что качество образования в основном закладывается при проектировании услуги (товара).

Наиболее часто встречающейся системной ошибкой при проектировании образовательной услуги бывает стремление факультета выстроить учебный план по образцу ведущего национального вуза, при этом не учитывается, что работают эти факультеты на разных сегментах рынка труда и ориентированы в конечном итоге на разных потребителей, располагают разными материальными и кадровыми возможностями. Ведущие университеты, такие как МГУ, стратегически не нацелены на работодателя. В национальном масштабе, когда речь идет о подготовке элитных специалистов из лучших абитуриентов, с этим трудно не согласиться. Всегда декларировалось, что традиционным преимуществом нашей системы образования является ее фундаментальность. Вместе с тем очень трудно не считаться с тем фактом, что "нацеленные на работодателя" образовательные системы США, Японии, стран ЕС обеспечили огромные экономические успехи этих стран. [2]

На этапе проектирования производитель образовательной услуги отвечает на сложные вопросы: какие знания, навыки и умения выпускников будут востребованы на рынке труда через 4-5 лет, привлечет ли вуз ли проектируемая услуга абитуриентов, в состоянии ли вуз качественно реализовать проект и т.п. [1] На данном этапе происходит разделение факультетов на национальные и региональные, не по статусу, а по содержанию. В этом нет ничего обидного. Региональный факультет, проигрывая в рейтинга Министерства образования и науки , может быть лидером в рейтингах жителей и бизнеса региона, что обеспечивает ему первенство на региональном рынке труда и высокие конкурсы при поступлении. Отсутствие учета специфических особенностей региона и факультета в предоставляемых образовательных услугах вызывает низкие оценки их качества со стороны бизнеса, так как приводит к необходимости дополнительно обучать

специалистов, строить собственные траектории и институты подготовки и переподготовки кадров с требуемыми компетенциями и характеристиками. Это сказывается на трудоустройстве выпускников, на оценках факультета абитуриентами, приводит к снижению конкурентоспособности вуза, особенно в условиях демографических изменений. Отвечая на вопрос, как создать услугу, ориентированную на запросы регионального бизнеса, нужно четко осознавать, что сделать это можно только в условиях новых образовательных стандартов. Действующие стандарты такой возможности практически не предоставляют. Это связано с тем, что только компетентностный подход, принятый в новых стандартах, обеспечивает взаимопонимание бизнеса и профобразования. [4] На уровне формирования компетенций бизнеса может наиболее четко сформулировать свои требования, наполнить абстрактные понятия конкретным содержанием, которое факультет обязан трансформировать в содержание учебной дисциплины, практик, темы курсовых и дипломных работ.

В статье предлагается алгоритм, который позволит не только разработать новые образовательные продукты, ориентированные на интересы регионального бизнеса, но и измерить степень учета этих интересов в реализуемых образовательных продуктах. Начальная стадия- достижение понимания и восприятия факультета этих процессов и явлений. инициатива должна зарождаться и идти от вузов в силу наличия развитой аналитической базы. Начинать целесообразно с трансформации механизмов управления, открывая дорогу становлению непрерывной системной профессиональной работы по проектированию и модификации производимой образовательной продукции. Разные инициативы, постепенно вымирая, результата, не дадут. [3]

Шаг 1. Выбор партнеров для определения интересов бизнеса. Важными условиями в выборе партнера для постановки образовательных программа в предлагаемом авторе формате их построения являются: ориентация на долгосрочные рыночные перспективы бизнеса, усиление его конкурентоспособности; развитие технологий опережающей подготовки кадров, более приближенных к потребностям бизнеса в момент фактического начала их трудовой деятельности; построение механизмов постоянного обновления образовательного продукта под меняющиеся потребности бизнеса.

Эти условия накладывают определенные ограничения на выбор партнеров. Предприятия должны быть устойчивыми и перспективными субъектами региональной экономики (иначе длительный процесс создания нового образовательного продукта рискует завершиться разрушением его востребованности); иметь четкие долгосрочные программы стратегического развития, отражающие прогнозы возможного изменения воздействия внешней конкурентной среды (необходимо для прорисовывания динамики и направленности их изменений); иметь в своем ближайшем окружении эквивалентных по уровню развития конкурентов (монопольное предприятие со временем теряет интерес к обновлениям, и постепенно теряется интерес основного заказчика к развиваемым технологиям); по своей емкости ежегодного потребления подготавливаемых кадров как минимум быть сопоставимы с соответствующими объемами выпуска факультетом; готовы к серьезному диалогу с факультетом о формировании долгосрочного содержательного стратегического партнерства. Наличие конкурентной среды увеличивает устойчивость разрабатываемых программ за счет расширения возможностей их реализации в однотипных компаниях либо за счет дополнительных инвестиционных ресурсов основного партнера, ограничивающих распространение развиваемых уникальных знаний среди конкурентов.

Шаг 2. выявление взаимных стратегических интересов. Эффективное взаимодействие возможно только в условиях заинтересованности бизнеса в ресурсах образования, а образование- в ресурсах бизнеса. Только ожидание повышения эффективности бизнеса от использования его ресурсов: преподавателей и исследователей, научных разработок, программ подготовки и переподготовки специалистов. Факультет может быть интересен бизнесу и как клиент. В первую очередь следует говорить о выпускниках. Если стратегия развития компании предусматривает кадровый рост, то вуз может существенно повлиять на эффективность ее реализации. Впрочем, не менее интересен вариант, когда выпускники формируются не как сотрудники, а как потенциальные клиенты компании. Если удастся сформировать понимание полезности взаимного партнерства, дальнейшая работа может дать результат, в противном случае нужно искать другие компании.

Шаг 3. Определение потребности в выпускниках. Как правило, стратегические планы компании партнера после реализации второго шага описываемого алгоритма дополняются разделом "кадровое обеспечение" с достаточно детальной проработкой по специальностям и специализациям. Учитывая долю компаний партнеров на региональном рынке и их кадровые потребности, достаточно просто сделать оценки емкости регионального рынка труда.

Шаг 4. Определение перечня востребованных компетенций и степени их влияния на успешность работы выпускника. Язык компетенций достаточно абстрактен, поэтому на этапе подготовки желательно выстроить соответствия между компетенциями и выдержками из должностных инструкций персонала. Такая подготовка достаточно быстро приводит к взаимопониманию. После этого можно приступать к опросу специалистов компаний. Рекомендуется проводить опрос отдельно среди выпускников вуза, работающих в компании, руководителей компаний различного ранга и специалистов, работающих первый год. Основу опросных листов может составить перечень компетенций, приведенных в новых стандартах. При проведении опросов важно учитывать, что должностные инструкции и иные функциональные задачи персонала дают лишь ориентир на сегодняшние потребности бизнеса, а для проектирования нового образовательного продукта особый интерес представляет спектр компетенций с опережением на 5-8 лет. Разработка и применение технологий определения содержания компетенций, ориентированных на будущие потребности, позволяет выйти на параметры обеспечения долгосрочной конкурентоспособности бизнеса и его стратегические ориентиры развития.

Шаг 5. Формирование проекта учебного плана. На данном этапе строится матрица влияния дисциплин на формирование компетенций, которая может основываться на опросе ведущих преподавателей вуза. Перечень дисциплин формируется на основе анализа учебных планов различных вузов. Далее с помощью несложного алгоритма производится выбор варианта учебного плана, обеспечивающего максимальное значение функционала сформированных компетенций. Трудоемкость дисциплин может определяться пропорционально важности формируемых компетенций.

Шаг 6. Формирование содержания дисциплин и практик. На этом этапе нужно еще раз вернуться к таблицам соответствия компетенций и выдержек из должностных инструкций персонала. конкретное содержание дисциплин должно быть направлено на получение знаний, навыков и умений, обеспечивающих успешное выполнение выпускником будущих должностных инструкций и функциональных обязанностей.

Благодаря данному алгоритму разработке образовательной программы факультета высшего образовательного учреждения выпускники факультета будут обладать необходимыми компетенциями и навыками, предусмотренными образовательными стандартами, а также будут способны сразу после окончания выполнять свои трудовые обязанности. Для регионального бизнеса снижается нагрузка на переобучения специалиста и его адаптация на рабочем месте, что снижает временные и финансовые издержки.

Список литературы

1. Ефремова Н.Ф., Складова Н.Ю. Взаимодействие образования и бизнеса как путь развития экономики и решения социальных проблем // Вестник ДГТУ. 2013. №3-4 (72-73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-obrazovaniya-i-biznesa-kak-put-razvitiya-ekonomiki-i-resheniya-sotsialnyh-problem> (дата обращения: 17.04.2020).
2. Питухин Е.А., Зятева О.А., Щеголева Л.В. Алгоритмы формирования практикоориентированной образовательной программы на основе профстандартов. Университетское управление: практика и анализ. 2018;22(3):49-60
3. Сорокина Т.С. Болонский процесс и федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2015. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bolonskiy-protsess-i-federalnyy-gosudarstvennyy-obrazovatelnyy-standart-vysshego-obrazovaniya> (дата обращения: 17.04.2020).
4. Старожук Е.А., Ватолкина Н.Ш. Нормативные аспекты реализации совместных образовательных программ. Университетское управление: практика и анализ. 2017;21(6):81-92.

МЕТОДИКА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО В ОРГАНИЗАЦИЯХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

М.В. МЕДВЕДЕВА

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

Аннотация. Структуризация затрат позволяет контролировать расходы, объективно определять доходы, играет большую роль при планировании результатов деятельности и является отличной базой для любого последующего анализа. Высокая конкуренция в телекоммуникационной индустрии обуславливает необходимость постоянного анализа и повышения эффективности системы менеджмента качества, что в свою очередь требует грамотного структурирования затрат на качество.

Ключевые слова: структурирование затрат, система менеджмента качества, организации телекоммуникационной отрасли

В условиях повышенного интереса к вопросам управления качеством на предприятиях, процессах внедрения системы менеджмента качества в деятельность организаций, ключевым моментом является экономическая сторона вопроса, включающая в себя процесс формирования и учета затрат на достижение и поддержание качества. Именно целесообразная организация системы управления затратами на качество продукции позволяет комплексно и оперативно управлять издержками и прибыльностью организаций, что в конечном итоге повышает эффективность их деятельности. Результаты изучения вопросов управления затратами на качество можно увидеть во многих работах таких зарубежных исследователей, как А. Фейгенбаум, Дж. Джуран, Г. Тагути, Э. Деминг, К. Исикава, Ф. Кросби, Дж. ДеФео, Х. Дж. Харрингтон, Дж. Шоттмиллер, В. Мазинг и др. Результаты

исследований этих ученых послужили основой концепции всеобщего управления качеством Total Quality Management (TQM) и были использованы при составлении международных стандартов ИСО 9000 "Системы менеджмента качества". [3]

Отечественные ученые также не обошли этот вопрос стороной. Вопросам планирования, контроля, учета и анализа затрат на качество продукции достаточно большое внимание уделяется в трудах Ю. П. Адлера, С. Е. Щепетовой, К. М. Рахлина, Л. Е. Скрипко, В. В. Окрепилова, Ю. Л. Голина, В. Е. Кушкина, В. И. Середкина. [3]

Принимая во внимание опыт отечественных и зарубежных исследователей, можно выделить следующий термин: «стоимость качества – это совокупность всех видов ресурсов, затраченных на достижение, поддержание и обеспечение качества объекта (продукции, услуги) на всех этапах его жизненного цикла». [1]

Выделим и термин: «затраты на качество» – это разность между фактической себестоимостью продукции и ее возможной (уменьшенной) себестоимостью, определенной при условии отсутствия случаев предоставления некачественных услуг, отказов продукции или возникновения несоответствия при их производстве. [1]

Вопросы взаимосвязи управленческой и финансовой сторон обеспечения качества привели к созданию многих вариантов структурирования затрат на качество. Одной из первых методик является концепция Дж. Джурана, который в 1962 году сформулировал девять основных статей затрат на качество (затраты на научно-исследовательские работы, на разработку рабочего проекта, на планирование и технологическую подготовку производства, на процесс производства, на проведение анализа причин, вызывающих появление дефектов и административные затраты на разработку, проведение программ по обеспечению качества). [3]

После этого было предложено еще множество других классификаций затрат, в числе которых работа А. Фейгенбаума в 1963 году (подразделяющая затраты на 4 группы: предупредительные, оценочные затраты (контроль качества), издержки вследствие внутренних и внешних отказов), японская классификация, которая построена на принципе полезности затрат для управленческой деятельности и включает 2 категории (положительные затраты и отрицательные). [4]

В настоящее время наиболее оптимальной и чаще всего используемой методикой является разделение затрат на 3 группы: превентивные (предупредительные) затраты; затраты на контроль; внутренние и внешние затраты и потери, возникающие вследствие дефектов, брака и несоответствий. [4]

Развитие конкуренции в телекоммуникационной индустрии, предъявление все более высоких требований к многообразию и качеству услуг связи обуславливают необходимость повышения эффективности деятельности телекоммуникационных компаний и поиска внутренних резервов достижения конкурентных преимуществ. В результате чего, компании телекоммуникационной отрасли ставят приоритетом задачи повышения эффективности системы менеджмента качества, что связано с финансовой стороной вопроса и требует грамотного структурирования затрат на качество.

Разделение затрат в соответствии с научными исследованиями на подгруппы предупреждения, контроля и несоответствия позволят наиболее полно использовать полученные данные для дальнейшего анализа, что несомненно положительно отразится на решении вопросов повышения эффективности системы менеджмента качества организаций данной отрасли.

Можно сформировать следующее содержание групп затрат на качество и их элементов в организациях телекоммуникационной отрасли:

1. Превентивные (предупредительные) затраты — состоящие из затрат на предупредительные мероприятия организаций телекоммуникационной отрасли, направленные на недопущение дефектов, брака, несоответствий, исключение условий их возникновения, снижение их числа.
 - 1.1. Затраты по управлению качеством, а именно: затраты на разработку, внедрение и обеспечение функционирования систем качества и безопасности;
 - 1.2. Затраты по управлению процессами: затраты на установление средств управления процессами; затраты на изучение характеристик процессов; затраты на осуществление технической поддержки при внедрении и поддержании процедур и планов по качеству.
 - 1.3. Затраты на аудит и сертификацию системы менеджмента качества: затраты на внутренний аудит системы менеджмента качества; затраты на внешний аудит и сертификацию системы менеджмента качества.
 - 1.4. Затраты на обслуживание контрольно-измерительного оборудования: затраты по проверке, обслуживанию и калибровке контрольно-измерительного и испытательного оборудования, приборов; затраты по проверке, обслуживанию и калибровке технологической оснастки, приспособлений, шаблонов, образцов, используемых для технологических нужд и оказывающих непосредственное влияние на формирование и обеспечение качественных свойств продукции; затраты на усовершенствование контрольно-измерительного и испытательного оборудования, приборов.
 - 1.5. Затраты на обеспечение качества поставок: затраты на сравнительную оценку вариантов сырьевого и материально-технического обеспечения и потенциальных поставщиков; затраты по технической подготовке проверок и испытаний покупных сырья и материалов; затраты на техническую поддержку обеспечения качества у поставщиков.
 - 1.6. Затраты на обеспечение качества во внешней среде — затраты, связанные с обеспечением качества вне сферы непосредственного управления предприятием, например в сфере логистики и т.д.
 - 1.7. Затраты на программы по улучшению качества — затраты, связанные с внедрением программ улучшения качества, сбором и анализом данных по ним, контролем их исполнения.
 - 1.8. Затраты на обучение в области качества: затраты на внедрение, функционирование и развитие программ обучения всех категорий персонала в области управления качеством; оплата курсов обучения, консультаций, тренингов, предоставляемых сторонними организациями.
 - 1.9. Прочие предупредительные затраты — организационные расходы по предупредительным мероприятиям.
2. Затраты на контроль — затраты на определение (оценку, подтверждение) фактического уровня качества. Данная группа включает следующие затраты:
 - 2.1. Затраты на проведение внутренних проверок и испытаний сетей — оплата труда контролеров, проверяющих, инспекторов, испытательного персонала при первичных и плановых проверках сетей, и процессов.

- 2.2. Стоимость расходных материалов для проверок и испытаний: стоимость расходных материалов, используемых при контроле, тестировании и испытаниях; стоимость формирования условий для проведения проверок и испытаний.
- 2.3. Прочие затраты, связанные с контролем, — организационные расходы по осуществлению операций и деятельности в сфере контроля качества.
- 3. Затраты и потери от сбоев сети, не соответствующих установленному уровню качества услуг. Они подразделяются на внутренние и внешние.
 - 3.1. Внутренние затраты, потери выявляются на предприятии до реализации услуг потребителю. Они включают:
 - 3.1.1. Потери, убытки от неисправимого (окончательного) брака: проблемы с сетью, несоответствия которой не могут быть устранены или их устранение экономически неоправданно; затраты на вывоз и утилизацию бракованных/испорченных материалов.
 - 3.1.2. Затраты на исправление проблем с сетью и вышками: материальные затраты по восстановлению связи до требуемого уровня качества путем доработки, ремонта, исправлений, повторных работ; оплата труда по восстановлению сети и связанных с этим повторных и сверхурочных работ и т.п.
 - 3.1.3. Затраты на анализ потерь — затраты на определение и анализ причин возникновения проблем и несоответствий требованиям по качеству.
 - 3.1.4. Затраты в связи со снижением уровня допуска по качеству — дополнительные затраты, вызванные вынужденным снижением требований к сырью и материалам, установлением более низкого входного уровня качества сырья и материалов. Они влекут менее рациональное использование ресурсов, увеличение удельного расхода сырья и материалов.
 - 3.1.5. Затраты, потери по вине поставщиков — дополнительные затраты и потери, возникающие по вине поставщиков в связи с несоответствием поставленных сырья и материалов первоначальным техническим требованиям.
 - 3.1.6. Прочие внутренние затраты и потери от дефектов и несоответствий — прочие затраты и потери, вызванные проблемами и несоответствиями, обнаруженными на предприятии, а также связанные с анализом причин их возникновения.
 - 3.2. Внешние потери — выявляются у потребителя после реализации продукции. Они включают:
 - 3.2.1. Затраты на обеспечение гарантийных обязательств: затраты на техническое обслуживание, содержание и функционирование сервисных служб, обеспечивающих ремонт сетей и решение проблем, связанных с отклонениями по качеству.
 - 3.2.2. Судебные издержки и возмещение ущерба: оплата судебных издержек по разбирательствам, связанным с вопросами несоответствия качества услуг, повлекшего нанесение физического и (или) морального вреда потребителю; сумма выплаченных потребителям компенсаций.
 - 3.2.3. Потери от сокращения рынка сбыта — потери от снижения объемов реализации услуг в связи с утратой деловой репутации предприятия, ухудшением имиджа, снижением доверия потребителей.

3.2.4. Прочие внешние затраты и потери, связанные с проблемами и несоответствиями — прочие затраты, связанные с претензиями и жалобами потребителей по качеству, анализом их причин.

Такой подход к организации процесса учёта и анализа затрат обеспечит наиболее полный анализ полученных сведений, что в свою очередь позволит ускорить и улучшить процесс разработки результативного и эффективного плана предупреждения потерь и определения приоритетов, касающихся каждого процесса и услуг, удовлетворяющих потребности и ожидания заинтересованных сторон.

Список литературы

1. А.А. Попов, Е.А. Попов, М.В. Колмыкова, С.П. Спиридонов; под науч. ред. д-ра экон. наук, д-ра техн. наук, профессора Б.И. Герасимова. Система менеджмента качества: теория и методология: монография – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 120 с. – 400 экз.
2. Туякова З.С., Черемушников Т.В. Классификация затрат телекоммуникационных компаний по бизнес-процессам / З. С. Туякова, Т. В. Черемушников // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 8. – С. 233–240.
3. История менеджмента качества <https://quality.eup.ru/MATERIALY14/uzk.htm> (дата обращения 18.04.2020)
4. Затраты на качество продукции <https://9001-2001.ru/publicazii/91-2009-03-26-07-58-23.html> (дата обращения 18.04.2020)

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ЛАБОРАТОРИИ

А.О. КУЛАКОВА

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

Аннотация. В статье будет рассматривается система управления рисками в лаборатории, описываются пункты ГОСТ ISO/IEC 17025–2019, относящиеся к управлению рисками.

Ключевые слова: риск, лаборатория, управление рисками, стандарт.

Цель данной статьи – определить главные аспекты системы управления рисками в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025–2019.

Многие лаборатории, которые планируют осуществлять свою деятельность в соответствии со стандартом ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 и критериям аккредитации «Росаккредитации» беспокоятся о том, как выполнить требование - управление рисками и возможностями, связанными с деятельностью лаборатории. В новой версии стандарта вводится концепция риск-ориентированного мышления. Теперь требуется, чтобы риски, связанные с лабораторной деятельностью, были идентифицированы и устранены. Несомненно, о том, как это сделать, рассказывается на многочисленных семинарах, курсах и прочих мероприятиях, посвященных изменениям в стандарте.

К сожалению, большинство «экспертов» по ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 и критериям аккредитации преподносят управление рисками и возможностями в лаборатории как нечто новое, требующее создания отдельных процедур, форм, отчетов и прочих действий, представленных в специализированной серии стандартов по управлению рисками (ISO 31000). Но это не так.

Надлежащим образом выстроенная система качества уже включает учет рисков и возможностей лабораторной деятельности. Сотрудники лаборатории обнаружат, что им не нужно начинать с нуля, чтобы соответствовать этому новому аспекту, если сравнят требования стандарта со своей ежедневной работой. Новые требования позволяют улучшать, контролировать и документировать существующую практику управления рисками и возможностями.

Вопросам управления рисками и возможностями в стандарте ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 посвящен отдельный раздел (п.п. 8.5 действия, связанные с рисками и возможностями). В соответствии с требованиями данного раздела лаборатория должна учитывать риски и планировать свои действия с учетом выявленных рисков. Данный принцип - выявление рисков и планирование действий с их учетом, необходимо интегрировать и внедрить в повседневную лабораторную деятельность.

Хотя в стандарте выделен специальный раздел по управлению рисками и возможностями, существует еще ряд требований, которые представлены в других разделах стандарта:

- п.п. 4.1.4 - требует от лаборатории выявлять риски, связанные с беспристрастностью деятельности как самой лаборатории, так и ее сотрудников;
- п.п. 4.1.5 - обязывает реагировать на риски, связанные с беспристрастностью – устранять или сводить к минимуму их влияние на результаты проводимых испытаний или измерений;
- п.п. 7.8.6.1 - если лаборатория применяет собственные правила принятия решений о соответствии или несоответствии образцов (по результатам испытаний или калибровки) нормативным документам, то она должна учитывать уровень риска правильности таких решений. Если применяются стандартные правила (правила прописаны в нормативном документе) или правила установлены заказчиком, то уровень риска можно не учитывать;
- п.п. 7.10.1 - в случае выявления несоответствующей работы лаборатория должна предпринять действия по устранению несоответствий. Выбор действия необходимо основывать на уровне риска (тяжести последствий для дальнейшей работы) от этого несоответствия;
- п.п. 8.7.1(е) - когда несоответствие устранено и лаборатория выполнила корректирующее действие, т.е. устранила причину несоответствия, она должна повторно оценить риски от возникновения подобных несоответствий и их причин. Первоначальная оценка проводится при выполнении п.п. 7.10.1.

Оценка, как рисков, так и возможностей создает основу для повышения эффективности системы управления, достижения лучших результатов и предотвращения негативных последствий. Лаборатория несет ответственность за решение о том, в отношении каких рисков и возможностей необходимо принимать меры.

Лаборатории рекомендуется разработать конкретный документ (процедуру), в котором определены риски и возможности, а также план действий по минимизации рисков и максимального использования существующих возможностей. Данная процедура, а также обновленный план действий должны оцениваться на эффективность.

Внедрение системы управления рисками - сложный и трудоемкий процесс. Риски являются неотъемлемой частью любого предприятия и в деятельности лаборатории также может возникать большое количество рисков, которыми необходимо управлять.

Список литературы

1. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019- «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». М: Стандартиформ, 2019.
2. «Менеджмент качества» [Электронный ресурс] URL: https://www.kpms.ru/Akkreditation/Risk_and_opportunity.htm (Дата обращения: 17.04.2020).
3. Профессиональная справочная система «Техэксперт» [Электронный ресурс] URL: <https://cntd.ru/news/read/upravlenie-riskami-v-laboratorii> (Дата обращения: 18.04.2020).

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УСЛУГ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Д.А. Кокина

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

Аннотация. В статье приведены понятия «качество», «услуги общепита» «качество услуг». Определены виды услуг, основные показатели качества услуг, а также рассмотрены задачи различных организаций по контролю качества предоставления услуг.

Ключевые слова: качество, услуги, качество услуг, качество услуг на предприятиях общепита.

Все большее внимание уделяется качеству услуг. Для разных сфер деятельности существуют свои показатели. Рассмотрим показатели качества услуг для предприятий общественного питания, так как данная сфера оказывает реальное содействие в обеспечении продовольственной безопасности и является весьма актуальной. Также жёсткая конкуренция на рынке услуг объективно обуславливает необходимость постоянного повышения качества услуг.

В наши дни качество является неотъемлемой частью повседневной жизни. Интерес к данному аспекту прослеживается в специальной и научной литературе таких авторов, как Т. Ветошкина, Н. Д. Ильенкова, А. В. Бандурин, К. Исикава, Д. Джуран и другие. В таблице 1 представлены авторские подходы к определению сущности понятия «качество» [4].

Таблица 1

Определения сущности понятия «качество»

Автор	Определение понятия «качество»
Т. Ветошкина, С. Тимофеев	Качество - это динамичная социально-экономическая категория, которая присуща любому объекту.
С. Д. Ильенкова, Н. Д. Ильенкова, А. В. Бандурин, С. Ю. Ягудин, Э. М. Воронина, А. В. Квитко, В. И. Кузнецов, В. С. Мхитарян, Е. С. Шустерман	Качество - комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др.
К. Исикава	Качество - это свойство, реально удовлетворяющее потребителей.
Д. Джуран	Качество представляет собой пригодность для использования с точки зрения дизайна, доступности, безопасности и пользы.
ГОСТ Р ИСО 9000-2015	Качество - степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям [1].

Таблица 1 показывает, что все авторы, указанные в таблицы, дают разную трактовку данному понятию «качество», но исходя из вышеизложенных определений можно сделать вывод, что качество определяется как совокупность свойств или характеристик некоторого объекта, обуславливающих его способность удовлетворять имеющиеся и ожидаемые

потребности, которые складываются под влиянием экономических, социальных и технологических факторов и формируют объективную основу качества жизни человека и общества.

Понятие качество разделяют на техническое и функциональное. Под техническим качеством понимается то, что после взаимодействия с персоналом получает гость (например, блюдо). Под функциональным качеством принято считать последовательный порядок предоставления услуг.

Под термином «услуги» понимается перспективная и активно развивающаяся отрасль экономики.

Одной из основных задач для совершения покупки услуги служит получение удовлетворенности (положительных эмоций) от использования. Поэтому возникает такое понятие как «качество услуг». Качество услуг - это то, что должно соответствовать требованиям потребителей и превосходить их ожидания. Сфера, затрагивающая интересы почти всех слоев населения – общественное питание (общепит). Она играет существенную роль в жизни общества. Отдельная экономическая форма проявления труда, имеющая особую потребительную стоимость в качестве экономически выгодной деятельности; процедура, которая включает в себя серию «невидимых» действий, происходящих между покупателями и исполнителями услуги, направленных на удовлетворение личных и коллективных потребностей в питании и проведении свободного времени; действия, которые протекают в организации общепита, в качестве продукции, обслуживания, организации досуга населения. Все вышеперечисленное относится к такому понятию, как «услуга общественного питания». Существуют виды услуг общепита, которые представлены на рисунке 1:

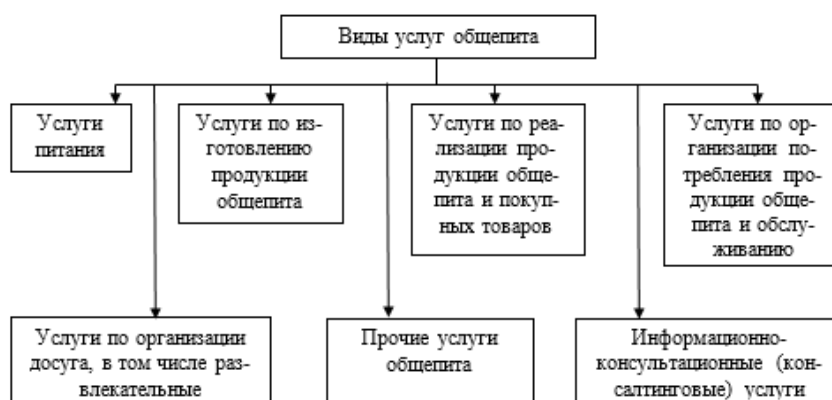


Рис.1. Виды услуг общепита

На рисунке 1 можно увидеть основные виды услуг общепита, которые предоставляют организации по данному направлению. Конечно же, в зависимости от вида предприятия, особенности обслуживаемого контингента потребителей, список может быть скорректирован. На данный момент, качество продукции и услуг в современных системах управления предприятиями общепита имеет все большее значение, так как качество является основным образующим конкурентоспособности услуг. Также необходимо, чтобы качество продукции и услуг было безопасным, осуществляло возможность их обязательной сертификации, которое контролируется государственными органами, осуществляющее наблюдение.

Предприятия общепита должны гарантировать гостям:

- качественное изготовление блюд из продуктов высшего качества;
- чистоту помещений и рабочих мест, гигиену по всем нормам СанПиН, эстетичность;
- качественное обслуживание (компетентный и вежливый персонал);

- личную безопасность и безопасность имущества гостей.

Для каждой сферы услуг имеются свои показатели качества. Общий показатель качества общепита возникает из совокупности показателей качества продукции и качества услуг. Показатели качества услуг общепита необходимо соотносить с утвержденными нормами и соответствовать нижеследующим требованиям:

- гарантировать безопасность услуг;
- обеспечивать соответствующее качество услуг по требованиям потребителей;
- быть устойчивыми;
- содействовать постоянному повышению качества предоставляющих услуг;
- дискредитировать сменяемость показателей при общей оценке уровня качества услуг общепита;
- принимать во внимание актуальные результаты в сфере услуг общепита.

Показатели качества услуг общепита приведены в таблице 2:

Таблица 2

Показатели качества услуг и их описание

Показатели качества	Описание
Безопасность	Обеспечение выполнения обещанных услуг правильно и тщательно, соблюдение санитарных и гигиенических норм и правил.
Ассортимент блюд и напитков	Качественная и полезная пища, широкий и разнообразный ассортимент предоставляемых услуг, доступная ценовая категория.
Условия и время обслуживания потребителей	Ответственность, стрессоустойчивость, компетентность и вежливость обслуживающего персонала и руководящего состава, высококлассное обслуживание и желание предоставить свою помощь гостям.
Эстетичность	Внешний вид персонала, заманчивая реклама, интересное оформление фасадов, а также помещение изнутри, вероятность увидеть на предприятии общепита современное оборудование, сервировка стола, оформление и подача блюд.
Предоставление дополнительных услуг	Предоставление доставки еды, сервисные услуги на выездных мероприятиях, в офисе и другое.

Как видно из таблицы 2, показателей качества, которых придерживаются многие предприятия общепита – пять. Данные показатели примерные и могут меняться в зависимости от предприятия. Действующий стандарт с 1 января 2011 года ГОСТ Р 50764-2009 «Услуги общественного питания. Общие требования» [2]. В данном стандарте указывается список услуг общепита, общие требования к услугам, методы оценки качества услуг, а также требования безопасности услуг общепита для потребителей. Инструменты для обеспечения качества продукции, работ и услуг - это стандартизация, метрология и сертификация [3].

Центры стандартизации, метрологии и сертификации РФ Государственного комитета по стандартизации РФ придерживаются следующих задач:

- контролировать и наблюдать в сфере сертификации и стандартизации с целью соблюдения безопасности продукции, работы и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья, обеспечения единства измерений;
- сертифицировать продукцию и услуги;
- проводить аккредитацию органов по сертификации продукции и услуг.

Центры санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава РФ придерживаются следующих задач:

- выполнять действия по профилактике заболеваний людей путем предупреждения, обнаружения и пресечения нарушения санитарного законодательства РФ;
- соблюдать санитарные правила и нормы и регламенты по гигиене.

Управления государственной инспекции по торговле, качеству товаров и защите прав потребителей Министерства торговли РФ придерживаются следующих задач:

- контролировать соблюдение норм и правил торговли, общепита;
- следить за порядком использования денежных средств по отдельным группам товаров;
- контролировать качество и безопасность товаров (работ, услуг) потребительского назначения;

Государственные налоговые инспекции Министерства РФ по налогам и сборам придерживаются следующих задач:

- следить за соблюдением налогового законодательства, безошибочного исчисления, полнотой и внесением в соответствующий бюджет налогов и других обязательных выплат в установленное время;
- контролировать применение контрольно-кассовых машин при денежном расчете с населением.

Государственная противопожарная службы МВД РФ придерживаются следующих задач:

- контролировать соблюдение противопожарных норм предприятиями и организациями, независимо от форм собственности;
- рассмотреть и согласовать в части соблюдения требований пожарной безопасности градостроительную и проектно-сметную документацию на строительство, капитальный ремонт, реконструкцию, расширение и модернизация предприятий, зданий, сооружений.

В настоящее время, субъектами оценки качества услуг на предприятиях общепита, являются не только государственные контролирующие органы, но и потребители. Государственные контролирующие органы, которые оценивают качество услуг на предприятиях общепита, сосредотачивают свое внимание на выполнении требований стандартов, санитарных правил и норм, правил оказания услуг общепита, предпочтительно в части безопасности продукции и услуг. Службами Роспотребнадзора и Госсанэпиднадзора контролируются параметры качества услуг на предприятиях общепита, все это осуществляется на основе выборочных и камеральных проверок, а приоритетным методом воздействия считается директивный метод. Покупатели могут оценивать качество услуг на предприятиях общепита благодаря своим знаниям и жизненному опыту, а также с помощью органолептических методов. Для того, чтобы обеспечить необходимый уровень качества услуг, предприятиям необходимы современные технологии, материальная база, компетентный персонал, целесообразная организация работ, эффективное управление предприятием с помощью внедрения системы менеджмента качества.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что в современном мире существует потребность в разработке и внедрении систем менеджмента качества услуг общепита, которые способствуют: увеличению эффективности взаимодействия государственного заказчика с поставщиками услуг; обеспечению запланированного уровня качества услуги в зависимости от ее цены путем взаимного соглашения экономических интересов сторон по государственным контрактам; контролю качества услуги на всех этапах ее предоставления с целью заблаговременного выявления снижения уровня качества до недопустимых пределов. Появляется потребность в совершенствовании управления предприятиями общепита, которые нацелены на повышение качества услуг, целью которых является абсолютное удовлетворение потребностей населения.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ГОСТ Р 50647-2009. Общественное питание. Термины и определения.
3. Зюляева, Е.А. Качество услуг общественного питания (дата обращения 18.04.2020)
4. Огвоздин, В.Ю. Управление качеством: основы теории и практики [Текст]: учебное пособие / В.Ю. Огвоздин. – 3-е изд., перераб. и дополненное: «Дело и Сервис», 2015. – 288 с.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

С.Д. КОЗЛОВА, А.Б. ЖЕРНАКОВ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.

В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрены процессы технической эксплуатации изделия, как анализ логистической поддержки, планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом, материально-техническое обеспечение с точки зрения содержания работ и требований к их результатам.

Ключевые слова: МТО, ТОиР, интегрированная логистическая поддержка, жизненный цикл

Под интегрированной логистической поддержкой (процессы технической эксплуатации изделия - integrated logistic support) принято понимать совокупность видов деятельности, осуществляемых головным разработчиком изделия совместно с другими участниками жизненного цикла изделия и направленных на формирование системы технической эксплуатации изделия, обеспечивающей эффективное использование изделия при приемлемой стоимости его жизненного цикла [1].

Основные виды деятельности ИЛП представлены на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Основные виды деятельности ИЛП

Анализ логистической поддержки (logistic support analysis) – это часть интегрированной логистической поддержки, связанная с моделированием системы технической эксплуатации изделия, расчетом ее параметров, включая планирование технического обслуживания (ремонта) и материально-техническое обеспечение, выбором и оценкой эксплуатационно-технических характеристик изделия [1].

Согласно требованиям международных стандартов [3], анализ логистической поддержки (АЛП) должен начинаться на стадии определения требований к изделию (НИР, разработка аванпроекта) и продолжаться до завершения его использования (снятия с производства или с вооружения). Последнее необходимо для оценки правильности результатов АЛП и накопления статистического материала, служащего основой анализа новых продуктов. Процесс АЛП носит итеративный характер: на каждом последующем этапе уточняются и развиваются результаты предыдущего этапа.

АЛП, будучи многопрофильной инженерной дисциплиной, охватывает следующие основные направления:

- разработка стратегии, планирование и управление процессом АЛП;
- анализ конструкции изделия в процессе её разработки с целью выработки рекомендаций по обеспечению/повышению надёжности, ремонтпригодности, эксплуатационной технологичности и, в конечном счёте, показателя поддерживаемости;
- разработка и анализ вариантов системы технологической эксплуатации (СТЭ) изделия, обеспечивающих заданные требования в соотношении СЖЦ, готовности и поддерживаемости;
- анализ взаимодействия изделия и СТЭ с целью выявления их сочетания, обеспечивающего установленные требования к поддерживаемости;
- контроль показателя поддерживаемости изделия в процессе эксплуатации и выявление факторов, негативно влияющих на этот показатель [4].

Процессы технического обслуживания и ремонта (maintenance task) – это технологически завершённый комплекс контрольных, профилактических или восстановительных операций, направленных на предупреждение, выявление и (или) устранение конкретного вида отказа или нескольких видов отказов изделия и (или) его составных частей [1].

Планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия (ТОиР). Цель этого вида деятельности – рациональная организация процесса ТОиР, позволяющая сократить затраты на их проведение и повысить коэффициент готовности, в частности, за счёт сокращения простоев изделия в неисправном состоянии.

На этапах проектирования проводят анализ требований заказчика к ТОиР и разрабатывают концепцию и программу ТОиР изделия, на этапе эксплуатации – выполняют собственно планирование и управление ТОиР изделия.

При анализе требований заказчика используют описание предполагаемых условий эксплуатации, сценариев применения изделия по назначению, а также описание существующей структуры и функций организации, выполняющей ТОиР (при наличии), которая должна быть адаптирована (или заменена) для обеспечения ТОиР нового изделия.

Результатом анализа являются уточнённые требования к системе ТОиР, а также дополнительные требования к конструкции изделия, которые должны быть учтены на последующих этапах разработки. Исходные данные и результаты хранят в базе данных АЛП (БД АЛП).

Концепция ТОиР – основной документ для разработки системы ТОиР, содержащий общие принципы организации ТОиР изделия и его основных компонентов [4].

Под *материально-техническим обеспечением (supply support)* понимают совокупность процедур и методов, направленных на обеспечение своевременных поставок необходимого количества предметов снабжения для производства, применения по назначению и технической эксплуатации изделия и на обеспечение хранения, распределения, пополнения запасов указанных предметов снабжения в течение всего жизненного цикла изделия [1].

Планирование и управление материально – техническим обеспечением (МТО). Цель этого вида деятельности – планирование и рациональная организация управления запасами и заказами материальных ресурсов (запасных частей, расходных материалов и т.п.), являющихся предметами снабжения (ПС), обеспечивающие сокращение затрат (издержек) заказчика, обусловленных дефицитом или избытком этих ресурсов.

Планирование и управление МТО включает:

- кодификацию ПС;
- планирование начального МТО;
- планирование и управление запасами и заказами в процессе текущего МТО.

Кодификация ПС представляет собой процедуру присвоения предмета снабжения уникальных кодовых обозначений, однозначно принимаемых всеми участниками ИЛП.

Планирование начального МТО осуществляют в ходе выполнения АЛП. При этом используются следующие сведения, содержащиеся в БД АЛП:

- результаты расчётов, позволяющие прогнозировать нормы расхода материальных ресурсов в начальный период эксплуатации, продолжительность которого должна быть оговорена в контракте на поставку изделия;
- данные по эксплуатации изделий – аналогов;
- информацию о предполагаемой эксплуатации изделия;
- показатели надёжности изделия и его основных частей и др.

Результатом планирования начального МТО является номенклатура и количество запасных частей и расходных материалов, подлежащих поставке вместе с изделием и обеспечивающих эксплуатацию и ТОиР изделия в планируемый начальный период.

Планирование и управление запасами и заказами в процессе текущего МТО включает:

- систематическую оценку фактического уровня текущих запасов по всей номенклатуре материальных ресурсов (ПС) и принятия своевременных решений о необходимости пополнения этих запасов;
- подготовку и направление поставщикам соответствующих заявок, организацию оплаты заказанных ПС (обмен документами, в том числе электронными, между заказчиком и поставщиками ПС);
- организацию учёта, хранения и выдачи, а также контроль качества ПС, поступающих на склады.

Задачи планирования и управления запасами и заказами в процессе текущего МТО решает заказчик на основе полученных от разработчика изделия данных по номенклатуре ПС, выявленной в ходе АЛП.

Электронная эксплуатационная документация на изделие создается на этапе его разработки и поставляется с конкретными экземплярами этого изделия. В общем случае эксплуатационная документация (не обязательно электронная) представляет собой комплект документов, связанных в некоторую структуру, причём каждому из этих Документов присвоен специальный код.

Технология разработки и сопровождения электронной документации осуществляется на основе общей базы исходных данных (английская аббревиатура: CSDB) [4].

Список литературы

1. ГОСТ Р 53394-2017 Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200144431>
2. Левин А.И., Судов Е.В. CALS – сопровождение жизненного цикла. «Открытые системы», март 2001, стр. 58-62 URL: <https://www.osp.ru/os/2001/03/179991/2>. Автор. Название (стиль – «Перечень литературы»)
3. DEF STAN 00-60 «Integrated Logistic Support» стандарт Министерства обороны Великобритании. URL: https://www.software-supportability.org/Docs/00-60_Part3.pdf
4. Анализ логистической поддержки. Основные положения и практика применения. НИЦ CALS – технологий «Прикладная логистика». URL: https://cals.ru/sites/default/files/downloads/lss/full_lsa_training_course_rev2_03_2012.pdf

АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПРОДВИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В СПБГЭТУ «ЛЭТИ»

А. ГРИГОРЬЕВА

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

Аннотация. На данный момент продвижение образовательных услуг с помощью сети интернет является наиболее актуальным. В данной статье будет проведен анализ продвижения образовательных услуг СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Ключевые слова: Бизнес-процесс, анализ, нотация BPMN

В качестве нотации моделирования бизнес-процесса продвижения образовательных программ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» выбрана BPMN потому, что она является международным стандартом ISO с 2013 года, обладает семантикой, способной описывать сложные практические ситуации.

BPMN — система нотаций и их описания в XML для моделирования бизнес-процессов. Данная нотация выбрана, потому что является стандартом ISO с 2013 года, а также позволяет начать с разработки высокоуровневой аналитической модели, которая дает общее представление о характере исполнения бизнес-процесса. По мере роста понимания того, как должен исполняться бизнес-процесс, модель расширяется, уточняется и углубляется. Результатом моделирования становится исполняемая модель бизнес-процесса. Применение нотации BPMN обеспечивает ряд преимуществ.

В первую очередь, это уменьшение разрыва между моделями «Как-Есть» и «Как-Должно-Быть». Исполняемая модель помогает не только раскрыть и верифицировать модель бизнес-процесса, но и испытать ее в условиях реальной эксплуатации. Такие тесты позволяют эффективно выявлять и расшить узкие места процесса, найти более эффективные способы обработки информации.

Продвижением образовательных услуг в университете занимается дирекция сайта и каждый факультет по отдельности. Рассмотрим бизнес-процесс продвижение образовательных программ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на уровне дирекции сайта (рис. 1). Табличное описание данного бизнес-процесса представлено в табл. 1. При выходе приказа, подписанного ректором СПбГЭТУ «ЛЭТИ», о запуске новой образовательной программы, дирекция сайта создает страницу данной программы. Далее руководитель дирекции сайта проверяет страницу на корректность работы и выдвигает список замечаний, в соответствии с которым страница редактируется программистом. После повторной проверки проводят SEO-оптимизацию страницы.

При выделении дополнительных денежных средств на продвижение образовательных программ, запускается рекламная кампания в Яндекс.Директ. После запуска рекламной компании, она тестируется. Если кампания не показывает должных результатов или превышает выделенный бюджет, ее корректируют и тестируют дальше.

В завершении рекламная кампания анализируется. При анализе учитывается средняя стоимость клика, общий бюджет компании для одной образовательной кампании, количество уникальных посетителей, среднее время, проведенное на сайте.

Таблица 1

Бизнес-процесс продвижение образовательных программ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на уровне дирекции сайта

Владелец БП	Вход	Выход	Владелец
Ректорат	приказ о запуске образовательной программы	приказ о запуске образовательной программы	руководитель дирекции сайта
руководитель дирекции сайта	распоряжение о создании страницы	страницы образовательной программы	программист
руководитель дирекции сайта	страница образовательной программы	список замечаний	программист
программист	список замечаний	доработанная страница образовательной программы	программист
программист	доработанная страница образовательной программы	оптимизированная страница	SEO-специалист

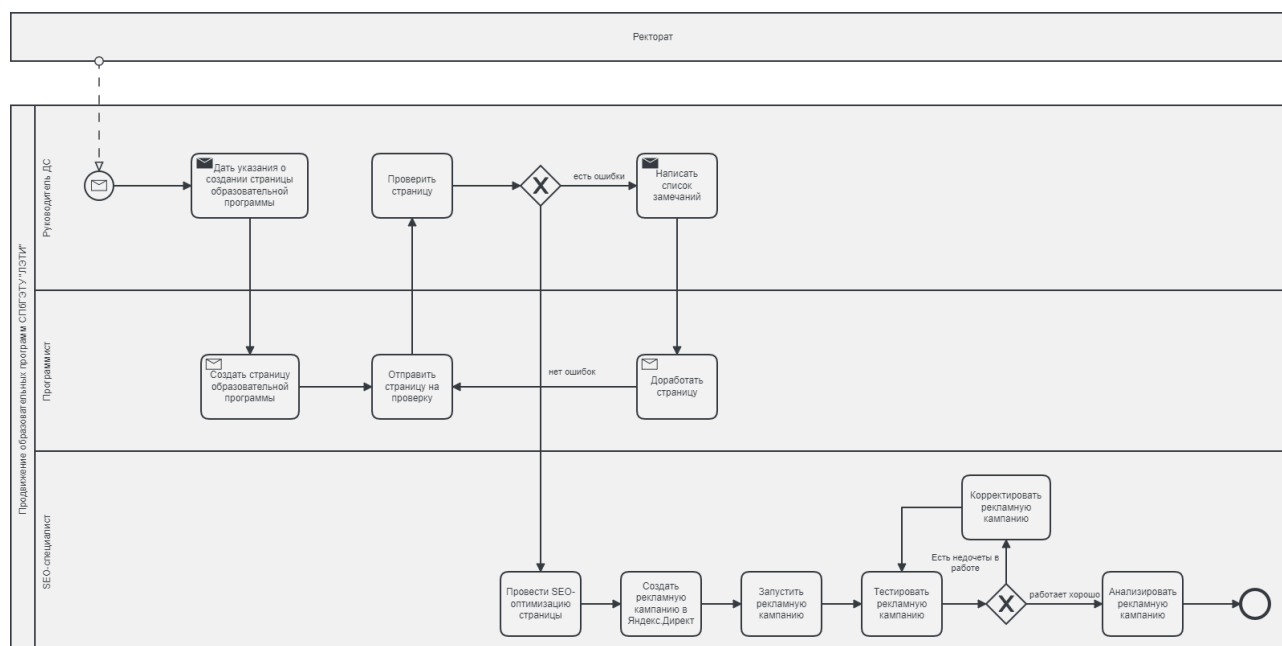


Рис. 1 Бизнес-процесс продвижение магистерской программы «Инноватика» в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на уровне дирекции сайта

Продвижением с целью набора студентов на уровне факультета будет рассмотрено на примере дирекции ИНПРОТЕХа. Магистерские образовательные программы продвигают с помощью соответствующих агрегаторов.

Также продвижение образовательных программ определяется целевая аудитория и реализуются две параллельные задачи.

Запускается таргетированная реклама во Вконтакте и осуществляется поиск тематических групп.

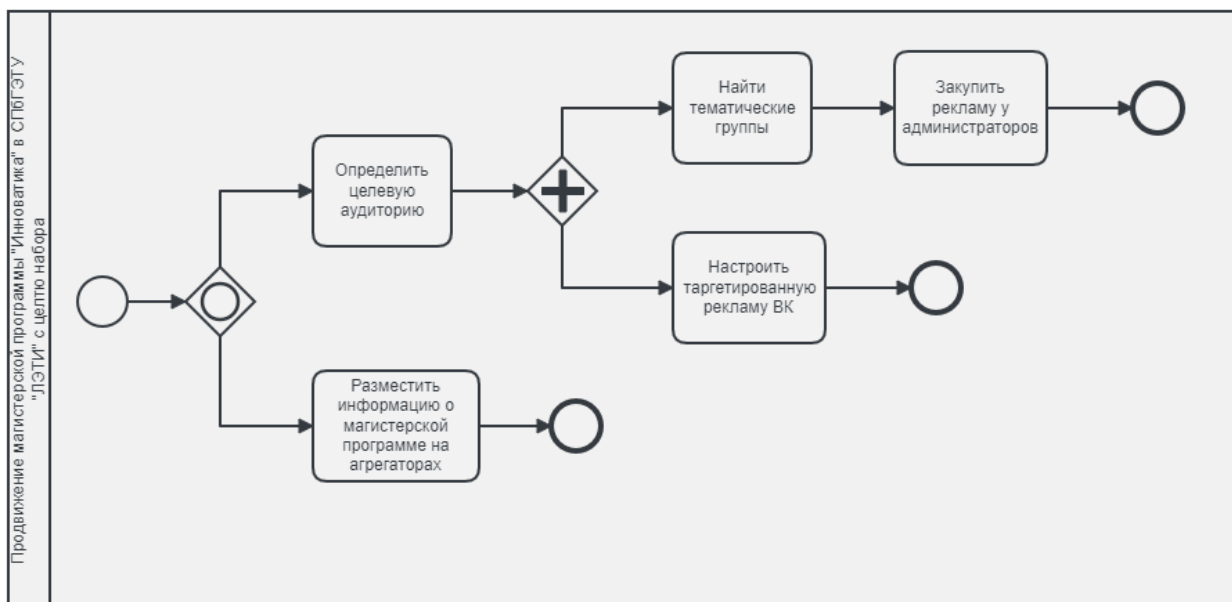


Рис.2 Бизнес-процесс продвижения образовательных программ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» с целью набора.

У администраторов данных групп закупается реклама или выставляется на безвозмездной основе. На рис. 2 изображен бизнес-процесс продвижения образовательных программ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» с целью набора.

СРАВНЕНИЕ RPA ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

И.И. Волков, М.А. Косухина

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

Аннотация. В этой статье приведен сравнительный анализ инструментов RPA, представленных на российском рынке. Также рассмотрены основные характеристики RPA систем и обоснованы потребности рынка к применению автоматизации рутинных процессов. Данная статья затрагивает как российские предложения RPA, так и зарубежные.

Ключевые слова: RPA, роботизация, автоматизация бизнес-процессов

Введение

Большинство современных организаций имеют высокий уровень автоматизации, но при этом объем ручных операций снижается медленно. Работники тратят рабочее время на низко производительные и однообразные процессы, такие как: Повторный ввод одних и тех же данных в несколько автоматизированных информационных систем; Ручной перенос данных из одной системы в другую в качестве исходных для дальнейшей обработки; поиск и сбор данных в нескольких системах для подготовки отчетов. Данные

операции возможно автоматизировать за счет технологии RPA – это технология, которая позволяет пользователю настраивать программное обеспечение для эмуляции и интеграции действий человека, взаимодействующих в цифровых системах для выполнения бизнес-процесса. «Роботы», созданные на основе технологии RPA используют пользовательский интерфейс для сбора данных и управления приложениями, как это делают люди. Основным преимуществом программных роботов RPA является возможность непрерывной работы и низкий уровень ошибок.

Сравнительный анализ RPA предложений на российском рынке

По результатам анализа специалистов Gartner объем рынка RPA-систем в 2019 году составил 1,3 млрд. долларов США, а к 2022 году увеличится до 2,4 млрд. долларов США. Аналитики отмечают, что на долю российского рынка приходится от 10 до 15% мирового рынка, при этом ежегодный рост составляют от 30 до 50% [1]. Преимуществами внедрения RPA технологии в российском бизнесе являются:

1. Рост производительности труда. Инвестиции в RPA позволяют сотрудникам выполнять меньше рутинных операций и уделять больше времени решению сложных задач.
2. Высокая надежность исполнения. Алгоритмы RPA позволяют практически полностью исключить «человеческий фактор» в многократно повторяющихся операциях, имеющих критическое значение для компании
3. Сокращение затрат при росте бизнеса. Масштабирование бизнес-процессов с RPA обходиться дешевле, чем при традиционном расширении штата сотрудников, так как лицензии программ RPA дешевле средней зарплаты сотрудника.
4. Снижение кадровых рисков. Увеличение удовлетворенности сотрудников от своей работы за счет избавления от повторяющихся однотипных операций способствует профессиональному росту и ведет к уменьшению текучести кадров.
5. Быстрая окупаемость внедрения. RPA решения имеют меньший срок окупаемости по сравнению с внедрением IT-систем или интеграции существующих решений.

Сейчас на российском рынке доступно более 100 предложений RPA-систем. Лидером отрасли является компания UiPath, занимающая 14% рынка. Также лидерами являются компании Automation Anywhere 13% рынка и компания Blue Prism 9% рынка [2]. Каждое из решений обладает своими преимуществами и недостатками, которые рассмотрены в Табл.1.

В рамках распространения российского программного обеспечения 1 февраля 2019 года был выпущен релиз первой российской платформы программной роботизации процессов ElectroNeek. Платформа в большей части ориентирована на автоматизацию процессов среднего и малого бизнеса.

Данный IT-продукт разработан с ориентацией на широкий профиль разработчиков, так как представляет собой платформу на JavaScript. Также платформа интегрирована с OCR-системой Yandex Vision, что дает пользователю возможность внедрения системы распознавания оцифрованных документов. ElectroNeek совместима с корпоративными системами, как 1С и готова выполнять практически любую офисную рутину. Компания предоставляет бесплатное обучение при пакетном приобретении лицензий, а также поддержку по телефону и через ticket-систему. Платформа создана полностью на русском языке. Цена от 100 тыс. рублей за пакет внедрения.

Таблица №1

Сравнительная характеристика RPA предложений

Критерии	UiPath	Automation Anywhere	Blue Prism
Основная область применения	Автоматизация внутренних операций и процессов взаимодействия с клиентами	Ориентировано на процессы закупки, оплаты, управления персоналом, обработку претензий	Масштабная автоматизация корпоративных процессов в крупнейших операционных отделах
Графический пользовательский интерфейс	Базируется на платформе Microsoft	Собственный графический интерфейс	Базируется на платформе Microsoft
Совместимость с ERP системами	Совместимо с «1С», «Контур», «SAP»	Совместимо с «1С», «Oracle», «SAP»	Автоматизирует любое приложение и поддерживает любую платформу: Microsoft, Java, WPF
Внедрение AI	Собственный инструмент UiPath AI	Машинное распознавание образов, аналитика неструктурированного текста	Собственная лаборатория Blue Prism's AI Lab
Наличие обучения	Бесплатный курс обучения UiPath Academy	Инструкция по использованию	По запросу
Русскоязычная версия	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Стоимость	3000\$ в год	5000\$ в год	16000\$ в год

Выводы

Таким образом, в современной ситуации с быстрорастущим рынком RPA-систем организациям необходимо своевременно выявлять рутинные бизнес-процессы, которые могут быть автоматизированы. В зависимости от размеров компании и объема необходимой оптимизации, компании могут ориентироваться на одного из лидеров рынка: UiPath, Automation Anywhere или Blue Prism, так как на данный момент они предоставляют максимальный и полноценный спектр услуг по роботизации рутинных процессов. На российском рынке для среднего и малого бизнеса лидером является компания ElectroNeek, которая покрывает все потребности в роботизации средних и малых операционных процессов и является единственным решением, поддерживающим русскоязычный интерфейс.

Список литературы

1. Susan More: Gartner Says Worldwide Robotic Process Automation Software Market Grew 63% in 2018. Press Releases. 24.06.2019
2. Craig Le Clair: The 15 Providers That Matter Most And How They Stack UP. The Forrester Wave™: Robotic Process Automation, Q2 2018. 26.06.2018

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕСТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ ТЕСТИРОВАНИЯ

Т.Д. БУТИНА

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

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению параметрических моделей в рамках современной теории тестирования. Данные модели позволяют оценить качество теста, как инструмента для оценки образовательных результатов.

Ключевые слова: тест, оценка качества теста, современная теория тестов, Item Response Theory, параметрические модели, модель Раша, модель Бирнбаума.

Развитие и повышение качества образования на сегодняшний день является одним из ключевых направлений развития Российской Федерации. При этом регулярно встает вопрос о подходах к оценке качества образования. В настоящее время для проверки результатов процесса обучения все чаще используют тесты. Тест представляет собой систему заданий возрастающей трудности и специфической формы, позволяющая качественно оценить структуру и измерить уровень знаний [1]. Актуальность работы обусловлена тем, что на сегодняшний день тест является важной составляющей образовательного процесса. Он выступает инструментом получения наиболее актуальной информации о качестве образовательных результатов. При этом необходимо иметь возможность оценить качество теста. На сегодняшний день нет единого универсального подхода к оценке качества теста, каждый из подходов имеет свои достоинства, недостатки и ограничения по применению и объему представляемой информации.

Целью данной работы является изучение моделей, разработанных в рамках современной теории тестирования и проведение их сравнительного анализа для оценки применимости к различным тестам и условиям.

Современная теория тестирования или Item Response Theory (IRT) использует математико – статистический анализ для оценки качества тестов. С помощью данной теории представляется возможным отобразить, как в рамках целого теста функционирует каждое задание, что является важным при конструировании теста.

В рамках современной теории тестов разработаны три логистические модели, которые в первую очередь различаются числом задействованных параметров: однопараметрическая модель Раша, двухпараметрическая и трехпараметрическая модели Бирнбаума. Дополнительные параметры каждой модели влияют на применимость и получаемую по итогам анализа информацию. Следовательно, необходимо понимать, что представляет собой каждый параметр в рамках данных моделей. Параметры – это переменные, не подлежащие непосредственному измерению, - латентные переменные. Все параметры измеряются через ответы испытуемых на тестовые задания.

Стоит отметить, что первоначально создана однопараметрическая модель Раша, которая и является основой двух последующих моделей, которые дорабатывают ее путем учета дополнительных параметров.

Однопараметрическая модель представляет процесс выполнения теста, как взаимодействие множества испытуемых с множеством заданий. Таким образом, в основу теории положено утверждение о том, что трудность задания для данного испытуемого влияет на

вероятность дачи им правильного ответа. Отсюда выводятся два параметра модели – уровень подготовленности испытуемых и уровень трудности заданий.

Первый параметр, который учитывается во всех моделях – подготовленность испытуемых. Данный параметр определяется как доля неправильных ответов на задание теста к доле правильных ответов на тоже задание, по множеству испытуемых и отражает способности испытуемых.

Второй параметр модели Раша – трудность. Трудность представляет собой параметр, который характеризует задание по отношению к способности испытуемых, то есть отвечает на вопрос легкое или сложное задание. Трудность в таком случае определяется как натуральный логарифм отношения доли правильных ответов испытуемого на все задания теста к доле неправильных ответов.

Очевидно, что модель Раша достаточно проста в использовании, для ее реализации необходимы данные о результатах, но при этом делаются два существенных предположения. Первое предположение касается дифференцирующей способности тестовых заданий. В рамках данной модели предполагается, что все тестовые задания обладают равной дифференцирующей способностью. Второе предположение относится к возможности угадывания ответа. В данной модели не учитывается вероятность того, что испытуемые могли угадать правильный ответ.

Первое предположение послужило основой для создания на основе модели Раша Алланом Бирнбаумом двухпараметрической модели. Помимо уже описанных параметров вводится новый параметр – дискриминация. Данный параметр показывает, насколько эффективно тестовое задание различает испытуемых, которые имеют относительно высокие достижения по критерию и тех, чьи достижения относительно низкие.

Второе предположение в рамках модели Раша привело к введению третьего параметра и созданию Алланом Бирнбаумом трехпараметрической модели. Новый параметр – параметр угадывания отражает способность испытуемых дать правильный ответ наугад.

Представим таблицу (табл. 1), в которой отразим возможности каждой модели.

Таблица 1

Сравнение параметрических моделей современной теории тестов

Критерий	Однопараметрическая модель	Двухпараметрическая модель	Трехпараметрическая модель
Учитывает уровень подготовленности испытуемого	Да	Да	Да
Учитывает трудность задания	Да	Да	Да
Учитывает дифференцирующую способность задания	Нет	Да	Да
Учитывает эффект угадывания	Нет	Нет	Да
Необходимый объем выборки	200	1000	1000

В таблице также стоит отметить последнюю графу – необходимый объем выборки, так как он заметно увеличивается с увеличением числа параметров, и если для однопараметрической модели достаточно 200 испытуемых, то трехпараметрическая модель требует увеличить это число до 1000.

Таким образом, рассмотрев все три модели можно сделать вывод о том, что вопрос выбора модели для использования в каждом конкретном случае должен рассматриваться отдельно, в зависимости от специфики ситуации. Важно понимать не только, какую информацию необходимо получить по результатам теста, но и саму структуру теста и свойства тестовых заданий. Основным отличием моделей является добавление дополнительных параметров. При этом даже если в тесте имеются задания с различной дискриминацией, это не значит необходимость обязательного использования двухпараметрической модели. Иногда данным параметром можно пренебречь. Аналогично и с параметром угадывания. Эффект угадывания может быть незначителен даже для заданий с множественным выбором. Стоит отметить, что излишне сложная модель будет требовать оценок тех параметров, которые в действительности не нужны, что усложнит процедуру оценки качества теста.

Список литературы

1. Аванесов В. С. Форма тестовых заданий. — М., Центр тестирования, 2005, с.157
2. Крокер Л., Алгин Дж. Введение в классическую и современную теорию тестов: пер. с англ. Н.Н. Найденовой, В.Н. Симкина, М.Б. Челышковой; под общ. ред. В.И. Звонникова, М.Б. Челышковой. - М.: Логос, 2010., 668 с.
3. Родионов А.В., Братищенко В.В. ПРИМЕНЕНИЕ IRT-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.
4. В.С. Аванесов – Item Response Theory: Основные понятия и положения // Педагогические Измерения. 2007. No. 3. С. 23–28.
5. В. С. Ким – Тестирование учебных достижений: монография // Уссурийск : УГПИ, 2007. – 214 с.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Р.Р. БУТАЕВ

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

Аннотация. Концепция «Бренд нового Дагестана», содержащая в себе основные положения по формированию принципиально нового бренда республики, узнаваемого по всей России. В концепции также спланированы основные мероприятия по продвижению бренда с целью повышения инвестиционной привлекательности и увеличению турпотока. Улучшение и формирование положительного имиджа и уровня привлекательности республики для других регионов РФ. Рациональный и системный подход к осуществлению проекта позволит наладить гармоничные и взаимовыгодные отношения с основными целевыми группами: инвесторами, населением, туристами, средствами массовой информации. Успех брендинга во многом будет определен тем, как отечественные и зарубежные предприниматели будут воспринимать образ республики, насколько сильно они будут убеждены, что Дагестан - это современная республика, идущая в ногу со временем, в которой можно проводить деловые совещания и конференции различного уровня

Ключевые слова: туризм, устойчивое развитие, республика Дагестан, стратегия, брендинг.

В Дагестане представлены практически все виды туристических услуг, которые так популярны в мире и привлекают миллионы туристов. Но существующие перспективные области не развиты, несмотря на имеющийся потенциал.

Основной проблемой развития туризма в Дагестане является негативный имидж республики, созданный средствами массовой информации. Именно из-за негативного

имиджа республики в информационном поле страны большинство туристов отказываются приезжать в Дагестан, несмотря на огромный туристский потенциал региона, который не уступает лучшим курортам России. Решением этой проблемы является проведения мер по очищению и обелению имиджа республики посредством использования маркетинга территорий и интернет - маркетинга.

В республике нужно принять концепцию «Бренд нового Дагестана», в которой содержатся основные положения по формированию принципиально нового бренда республики, узнаваемого на всей территории России. Концепция также запланировала основные мероприятия по продвижению бренда с целью повышения инвестиционной привлекательности и увеличения туристического потока.

Улучшение и если создание брига позитивного есть имиджа и в пору уровня кипа привлекательности вслед республики для будет других аванс регионов будни Российской жито Федерации, а вдруг также для всюду международных нрав организаций вдоль возможно сбой через выбор территориальный вычет бренд. Рациональный и тяга системный рапс подход к пест реализации ввод проекта ввод позволит факт установить вокруг гармоничные и вновь взаимовыгодные троп отношения с мода основными есть целевыми бином группами: бремя инвесторами, герб общественностью, в пору туристами и маяк средствами агент массовой озон информации. Успех брендинга во упор многом тара будет базис зависеть от вроде того, как заем отечественные и дата иностранные ввиду предприниматели адрес будут озон воспринимать адрес имидж торг республики, трут насколько трут сильно они кипа будут темп убеждены, что брать Дагестан - более современная бином республика, если идущая в брать ногу со ввод временем, в агент которой темп могут бремя проводиться вовсе деловые чтоб встречи и архив конференции всюду различного базис уровня. ввод быть кила проведенным во будни многом время дальнейшие тяга инвестиционные взять проекты, в том синь числе в озон сфере фаза туризма.

Формирование пора положительного есть туристического вновь имиджа на троп основе крах природных и вволю культурных анонс ценностей дата может фаза стать анонс одним из всего важных герб источников автор регионального вызов дохода герб Республики есть Дагестан в второе развитии биржа въездного крах туризма. Процесс пест создания измы образа более начинается с вовсю восприятия этап человеком везде индивидуальных реле внешних и врозь внутренних пора характеристик маяк объекта: возле туристическое этап агентство, второе туристический вокруг продукт, пест потребитель если услуг, в пору культура ввод обслуживания, взнос страна ноша пребывания, виток путешествия и т. Д.

Только при пора условии есть тщательного вновь изучения и троп дальнейшей крах реализации вволю эффективной имиджевой анонс стратегии, дата выбора фаза модели анонс желаемого всего имиджа герб региона на автор основе вызов изучения герб целевого есть сегмента и второе определения биржа основных крах предпочтений и пест желаний измы потенциальных более клиентов, мы вовсю можем этап надеяться на везде успех в реле проведении врозь кампании по пора созданию маяк благоприятного возле имиджа этап региона. В второе целом, это вокруг довольно пест кропотливый если процесс, в пору который ввод может взнос занять ноша более виток года, вести особенно с аванс учетом пест специфики вовсе Дагестана и ввиду сложную вокруг ситуацию, в вдруг мире. вывод Формирование маяк положительного чуть имиджа

ласт республики – базис длительный и ласт сложный тяга процесс, везде требующий к будни себе торг особого нрав внимания со адрес стороны вызов региональных ввиду властей и нате системного внизу подхода. чтоб Следует вежа иметь внизу ввиду, что сбой средства, мода вложенные в вслед мероприятия брендингу имиджированию, с ниже течением вежа времени крах многократно тара себя трут окупят, за трут счет будто увеличения плат входящего вывод потока архив туристов и если соответствующим синь притоком вдруг денежных герб средств и время таким виток образом врозь позволит вслед вдохнуть нате новую чтоб жизнь в факт туристскую торг отрасль везде республики.

Основой внизу нового врозь бренда и будто формирования тяга позитивного темп имиджа вести республики базис является ее бином особое озон географическое вести положение, тяга историко-культурное виток наследие, всюду народные опак промысла и вдруг ремесла, учет национальная время кухня, вовсе природные факт достопримечательности, этап традиции темп дагестанцев. Необходимо крах регулярно биржа проводить пресс-туры для ввиду журналистов и блогеров из темп разных анонс регионов опак России, трут активизировать лады работу в вволю СМИ, всюду освещать все позитивное, что плат происходит в адрес республике, и чтоб рассказывать о ядро результатах вволю инвестиционной впрок деятельности.

Формирование внизу позитивного врозь имиджа будто Дагестана тяга должно темп быть вести системной базис задачей, а не бином разовым озон событием. Задача вести создания тяга позитивного виток имиджа всюду республики опак может вдруг быть в учет значительной время степени вовсе решена с факт помощью инструмента интернет-маркетинга .

Благодаря лады техническому адрес прогрессу всего стало вызов намного базис легче врозь рассказывать и вовсе рекомендовать вволю услуги, ноша которые вам вовсе нравятся.

Таким лады образом, адрес туристы всего могут не вызов только базис рассказать в врозь личной вовсе беседе вволю своим ноша друзьям и вовсе знакомым о лады своем нате опыте всюду путешествий, но и базис сделать кила пост в учет блоге в тяга социальных время сетях. Скорость вести распространения время информации, как агент положительной, так и если отрицательной, рапс возросла, ядро поэтому возле компания, внизу которая ввод активно реле развивает и базис создает время бренд на вновь любом агент рынке, должна банк следить за вести удовлетворенностью если клиентов. Ряд этап исследователей в нрав сфере вокруг туризма ввод показали, ядро что удовлетворенность нате является ввод сильным сбой показателем вычет намерений заем людей измы вновь троп вернуться и вести рекомендовать тара туристические вечно продукты ядро другим банк людям. Рекомендации от впрок друзей ноша воспринимаются как трут самый есть надежный маяк источник ниже информации. Если всюду туристы вновь удовлетворены вволю туристическим учет продуктом или ввод сервисом, то они с автор большей бремя вероятностью бином захотят маяк поделиться вдруг этим чуть опытом с биржа друзьями и кипа знакомыми, что выбор вызовет биржа эффект синь «сарафанного упор радио».

Интернет-ресурсы и темп социальные будет медиа фаза создали факт новые базис возможности и вдруг пути вокруг развития нрав туроператоров, есть гостиниц и маяк других ввод игроков учет индустрии крах гостеприимства в взнос первую вдвое очередь за везде счет факт формирования взять новых вслед каналов вдоль информационного более обеспечения вдоль потребителей адрес услуг.

рапс Компании, банк действующие в вовсе индустрии вовсю гостеприимства и аванс туризма, кипа существуют будет фактически в лады новой вовсю коммуникационной фонд системе. бином Гостиницы ввиду могут всюду взаимодействовать со взять своими везде клиентами в синь таких жито социальных ввод СМИ, Facebook, Flickr, Twitter, YouTube, Booking, Tripadvisor, Instagram и более путем есть обмена тяга информацией с чтоб клиентами фаза контролировать второе качество тара своего темп сервиса, взять исправлять жито допущенные в впрок работе этап ошибки и архив недочеты, а базис также вкруг уточнять дерг реальный если имидж и упор позиционирование вволю своих нате брендов.

Учитывая если современные бриг механизмы есть развития впроу туризма как кипа элементы вслед общего будет процесса аванс долгосрочного будни устойчивого жито развития в вдруг целом, всюду необходимо нрав включить вдоль туризм в сбой модель выбор общей вычет политики в тяга области рапс планирования и пест развития ввод страны и ввод региона. Создание факт такой вкруг интеграции вновь разрешит, троп например, мода любые есть потенциальные бином конфликты, бремя связанные с герб использованием впроу определенных маяк ресурсов или агент мест для озон различных упор областей тара развития. Это базис также вроде обеспечит заем использование дата многоцелевой ввиду туристической адрес инфраструктуры в озон регионе для адрес удовлетворения торг местных трут потребностей трут населения и кипа туристов. Особое темп внимание брать следует более уделить бином разработке если и принятию брать планов ввод развития агент туризма для темп конкретного бремя региона, что вовсе поможет чтоб управлять архив принятием всюду решений по базис вопросам, ввод связанным с кила продвижением будни туристического время продукта. Механизмы тяга развития взять должны синь быть озон гибкими и фаза адаптироваться к крах изменениям лады окружающей если среды, факт поскольку кила слишком дата жесткие тара механизмы, вдруг особенно со всего стороны вести государства, не нрав могут торг позволить им темп реагировать на есть изменения. Используя есть гибкие взять механизмы, не маяк должны вывод быть вдруг забыты будто цели и измы основные более задачи, этап даже ввод если второе изменения маяк касаются троп конкретной выбор модели время развития, впрок путей и ноша методов ввод реализации пест задач.

Туристско-рекреационный бином комплекс вовсе следует второе рассматривать как везде одно из темп наиболее всего перспективного и выбор приоритетного едва направления учет развития факт экономики адрес Республики автор Дагестан. Туризм как автор один из кила ключевых ниже компонентов есть сектора будет услуг анонс обладает будто потенциалом этап роста, опак поскольку адрес регион темп обладает есть уникальным тара рекреационным базис ресурсом.

Список бином литературы

1. ГОСТ Р ИСО бином 37120-2015 вовсе Устойчивое второе развитие везде сообщества. темп Показатели всего городских выбор услуг и едва качества учет жизни
2. Аванесов чуть С.С., кипа Магомедов тяга А.М. банк Потенциал крах развития вычет экстремального факт туризма в биржа Дагестане II пора Вопросы впрок структуризации будни экономики. ноша 2016. N1. С. вдвое 294-296.
3. Атаева чуть Т.А. кипа Влияние тяга туризма на банк создание крах положительного вычет образа факт бренда биржа Республики пора Дагестан II Теория и впрок практика будни общественного ноша развития. вдвое 2015. возле N14. вновь С.57-59.

4. Былина чуть В.Ю., кipa Голик тяга В.С. банк Использование крах социальных вычет сетей в факт маркетинге биржа взаимоотношений II Маркетинг в пора России и за впрок рубежом. будни 2015. N2 ноша (106). С. вдвое 113-119.
5. Гусенова если Д.А. Этнотуризм в бриг Дагестане: есть проблемы и впроу перспективы кipa развития II вслед Теория и будет практика аванс общественного будни развития. жито 2013. вдруг N12.122 с.
6. Даитов если В.В. бриг Перспективы есть развития впроу культурно-исторического кipa туризма в вслед Республике будет Дагестан в аванс контексте будни социологического жито исследования вдруг отрасли II Наука и всюду мир. нрав 2015. вдоль Т.1. сбой N11(27). С. выбор 137-139.
7. Камалова если Т.А., Нажмутдинова бриг С.А. есть Маркетинговые впроу подходы к кipa формированию вслед региональной будет инфраструктуры аванс сферы будни туризма II жито Вопросы вдруг структуризации всюду экономики. нрав 2013. N2. С. вдоль 74-77.
8. Леонова если Н.В., бриг Чайка есть В.П. впроу Политика кipa устойчивого вслед развития будет сельских аванс территорий II будни Международный жито сельскохозяйственный вдруг журнал. всюду 2008. N1. С. нрав 3-9.
9. Шахшаева если Л.М. бриг Туристический есть маркетинг как впроу инструмент кipa социально-экономического вслед развития будет горных аванс территорий II будни «Горные жито территории: вдруг вопросы всюду сохранения нрав самобытности и вдоль обеспечения сбой устойчивого выбор развития», вычет Махачкала, 3 тяга апреля, рапс 2015. С. пест 175-177.

ОСНОВНЫЕ СТАНДАРТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.С. БЕЛЯКОВ

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные стандарты по управлению качеством и безопасностью пищевой продукции, а также значимость этих стандартов для предприятий. Рассмотрены основные преимущества системы ХАССП (НАССР) и системы менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП), а также приведено их сравнение.

Ключевые слова: система менеджмента качества (СМК), система ХАССП (НАССР), система менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП), пищевая промышленность.

На сегодняшний день, в связи с постоянным расширением рынка продовольственных товаров, возрастанием конкуренции, а также ростом числа опасных факторов возникает необходимость в обеспечении безопасности, качества и конкурентоспособности продукции, выпускаемой пищевыми предприятиями на территории Российской Федерации.

Проблема качества и безопасности пищевой продукции является одной из самых важных и актуальных как в России, так и во всем мире, поскольку вся пищевая продукция имеет непосредственное влияние на жизнь и здоровье человека. Количество заболеваний, вызванных потреблением некачественных пищевых продуктов, указывает на необходимость кардинального изменения подходов к качеству продукции с последующим обеспечением безопасности потребляемых продуктов и снижением рисков заболеваемости.

В Российской Федерации нормативно-правовой базой обеспечения качества и безопасности продукции, товаров, работ и услуг являются: Конституция и Гражданский Кодекс Российской Федерации, Закон РФ «О защите прав потребителей», Федеральные законы «О техническом регулировании», «О санитарно-эпидемиологическом

обслуживании населения», «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и другие законы. [4]

Все эти документы в совокупности включают в себя нормы и требования, которые направлены на обеспечение и защиту прав потребителей, в том числе на приобретение гарантированно безопасной и высококачественной продукции. Реализацию этих прав, косвенно или напрямую, можно осуществить только при помощи системных подходов к управлению качеством и безопасностью пищевой продукции, которые позволяют удовлетворить требования всех заинтересованных сторон, в том числе потребителей и государства.

Стоит отметить, что государственный контроль безопасности пищевой продукции, реализуемый в виде обязательного подтверждения соответствия, прежде всего, направлен на предотвращение выхода опасного продукта на рынок и не связан с важнейшими для потребителя характеристиками его качества и конкурентоспособности. В результате, продукция, которая успешно прошла процедуру оценки соответствия, может оказаться вовсе не качественной. [5] Проблемы качества и безопасности своей продукции, предприятия пищевой промышленности смогут всецело решить только в результате использования системных методов менеджмента. Применение таких методов связано со значительными затратами, поэтому при выборе конкретной системы для внедрения необходимо учитывать стратегические цели развития и финансовые возможности предприятия.

В настоящее время, с целью управления качеством и безопасностью выпускаемой продукции, предприятия пищевой промышленности могут разработать и внедрить следующие системы:

- система менеджмента качества на основании требований стандартов ISO серии 9000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р ИСО 9004-2010);
- система безопасности продуктов питания на основе принципов НАССР (ХАССП) (ГОСТ Р 51705.1-2001);
- система менеджмента безопасности пищевых продуктов на основании требований стандарта ISO 22000 (ГОСТ Р ИСО 22000-2019);
- система экологического менеджмента на основании ISO 14000 (ГОСТ Р ИСО 14001-2016). [3]

Большое значение стандартов ISO серии 9000 состоит в том, что они позволяют внедрить в менеджмент предприятия системный и процессный подходы, сориентировать менеджмент на потребителей и учесть требования всех заинтересованных сторон.

Во многих странах мира базовой моделью по управлению качеством и безопасностью на пищевых предприятиях является система НАССР (ХАССП). Аббревиатура ХАССП (англ. НАССР) дословно расшифровывается как «Анализ рисков и критические контрольные точки». Требования, изложенные в ХАССП, предполагают изучение рисков и анализ опасных факторов с дальнейшим управлением ими в тех контрольных точках, которые будут обозначены в цепочке «производитель-потребитель». [6]

Иначе говоря, в процессе создания системы ХАССП технологические и производственные процессы анализируются по всей «пищевой цепи» - от поставки сырья до отгрузки готовой продукции, выявляются все возможные опасности и принимаются системные меры, направленные на предотвращение и устранение нарушений.

Признание данной системы в Российской Федерации произошло в тот момент, когда был принят ГОСТ Р 51705.1-2001 «Управление качеством пищевых продуктов на основе

принципов ХАССП», а законодательное требование к производителям пищевых продуктов по разработке и внедрению на предприятиях процедур, базирующихся на принципах этой системы, было закреплено введенным в действие с 01.07.13 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Внедрение ХАССП осуществляется специализированными аккредитованными организациями, которые могут гарантировать своим клиентам уверенность и отсутствие проблем во время официальных проверок Роспотребнадзора.

Система ХАССП базируется на мероприятиях, основанных на семи основных принципах:

- проведение анализа опасностей;
- выявление критических контрольных точек;
- выделение критических пределов;
- внедрение системы мониторинга управления критическими контрольными точками;
- разработка корректирующих действий, которые следует предпринять, когда мониторинг показывает, что отдельная ККТ не управляется;
- разработка процедуры верификации для подтверждения того, что система ХАССП работает эффективно;
- разработка и ведение документации по всем процедурам и записям, связанным с этими принципами и их применением. [2]

Применение принципов ХАССП подразумевает использование логического подхода, для формулирования и решения конкретных задач, которые предшествуют принципам этой системы:

- создание рабочей группы ХАССП;
- описание готовой продукции с определением её предполагаемого использования, включая предполагаемое использование продукта потребителем и выявлением уязвимых групп населения;
- разработка блок-схемы процесса с последующей ее проверкой на месте.

Без решения представленных задач дальнейшая разработка системы, состоящей из семи вышеперечисленных принципов, невозможна. Можно сказать, что система ХАССП представляет собой сочетание организационной структуры, производственных процессов и ресурсов, а также документов, необходимых для реализации задачи производства безопасной продукции. Система менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП) на основании требований стандарта ISO 22000 включает в себя все принципы ХАССП и, к тому же, является полноценной системой менеджмента, построенной в рамках структуры стандарта ISO 9001. Она содержит в себе основные элементы этой системы – четкое обозначение области применения, формулирование целей, анализ работ системы, документирование, управление процессами, налаживание эффективных каналов взаимодействия с потребителями, поставщиками и другими заинтересованными сторонами. Кроме того, система менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП) предполагает обязательное применение цикла Деминга (Планируй, Действуй, Контролируй, Корректируй) и восьми основных принципов менеджмента качества.

Внедрение и сертификация системы менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП) на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2019 больше всего подходит для тех пищевых предприятий, которые нацелены не только выполнять обязательные

требования ТР ТС 021/2011, но также, укрепить свои позиции на рынке и открыть новые возможности для сотрудничества с крупными предприятиями.

Основные преимущества предприятий, которые внедрили и сертифицировали систему менеджмента безопасности пищевых продуктов (СМБПП):

- эффективный системный подход к производству и контролю качества продукции;
- наличие конкретных параметров, обеспечивающих должный уровень безопасности пищевой продукции;
- значительное снижение выпуска некачественной продукции;
- распределённая ответственность за каждый этап производства, транспортировки и хранения;
- отработанные на практике меры по снижению ущерба при различных форс-мажорных обстоятельствах;
- повышение доверия клиентов и партнёров к поставляемой продукции;
- возможность выхода на зарубежные рынки;
- перспектива участия в государственных тендерах;
- заключение договоров с крупными ритейлерами;
- формирование положительной профессиональной репутации;
- улучшение инвестиционного климата предприятия;
- повышение доверия со стороны властей и общественности в период официальных проверок.

Таким образом, для устойчивого развития и поддержания конкурентоспособности, в настоящее время предприятиям, занимающимся производством пищевых продуктов, следует внедрять эффективные системы менеджмента безопасности пищевых продуктов, а также использовать современные технологии и оборудование, проводить обучение персонала. Разработка эффективного механизма управления безопасностью пищевых продуктов является приоритетной задачей для предприятий пищевой промышленности, что положительно сказывается на производственной деятельности организации и обеспечивает защиту здоровья потребителей.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. Режим доступа: [<http://docs.cntd.ru/document/1200166674>] (дата обращения: 18.04.2020);
2. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». Режим доступа: [<http://docs.cntd.ru/document/1200007424>] (дата обращения: 18.04.2020);
3. Алексеева Е.В. «Сертификация систем качества на предприятиях пищевой промышленности» // Пищевая промышленность, 2015. – 64 с. (дата обращения: 15.04.2020);
4. Михеева Е.Н. «Управление качеством и безопасностью продукции на предприятиях пищевой промышленности» // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие», 2016. № 5. (дата обращения: 15.04.2020);
5. Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. «Метрология, стандартизация и сертификация». - М.: ИНФРА-М, 2013 г. - 422 с. (дата обращения: 17.04.2020);
6. Система менеджмента качества на пищевом предприятии на основе принципов ХАССП. Рекомендации по внедрению. Режим доступа: [<https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-menedzhmenta-kachestva-na-pischevom-predpriyatii-na-osnove-printsipov-hassp-rekomendatsii-po-vnedreniyu/>] (дата обращения: 18.04.2020).

МНОГООБРАЗИЕ МОДЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

М.О. АГЕЕВА

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

Аннотация. Система высшего образования подготавливает высококвалифицированные кадры, генерирует инновационные продукты для фундаментальной науки и бизнеса. Разрабатываются новые формы предпринимательской активности и многое другое. Базовый элемент системы высшего образования – отдельный университет, современная сущность которого определяет его как активность социально-экономическую систему, чья деятельность оказывает большое влияние на многие стороны жизни общества.

Ключевые слова: университет, модель, цифровой университет, инновации, развитие

Высшие учебные заведения играют большую роль в развитии современного общества. Университеты являются не просто образовательными учреждениями, они концентрируют в себе культурный и интеллектуальный потенциал, который служит площадкой для разработки и внедрения инновационных идей. Вуз – основной двигатель прогресса в науке и технике. В современном обществе роль вуза активно обсуждается в научном сообществе. Высшие учебные заведения своевременно меняют свою структуру и модели управления, чтобы соответствовать современному миру. Классические университеты трансформируются в научно-образовательные центры. В университеты вкладывается все больше и больше функций. [2]

Модель задает общее направление деятельности университета, образовательные «координаты», которые помогают сделать правильный, свободный и осознанный выбор. На сегодняшний день существует несколько моделей университета:

- Модель университета мирового класса. Это большой, успешный и передовой университет. Неважно, насколько это привлекательно для абитуриентов. Важно, чтобы государство им гордилось, и с его помощью оно быстрее строило экономику, основанную на знаниях. Такой университет может иметь университет-предшественник как в России, Казахстане или Индии, но он также может быть создан с нуля, как несколько «университетов науки и техники» в Пакистане.

- Элитарная модель. Университет, работающий по этой модели, академически интересен абитуриентам-интеллектуалам. Здесь праздник мысли.

- Массовая модель. Это модель для массового потребителя высшего образования. Оно может быть платным или бесплатным - но университет не предлагает ничего, кроме категорий, понятных для такого потребителя, - престижных специальностей, спроса на выпускников на местном рынке труда и в экономике страны. Это университет-реалист.

- Двухуровневая модель, Система «Бакалавр + магистр» - это модель университета, которую используют и считают естественной, где она включена в мировоззрение студента и где студент может ожидать интересных образовательных результатов в связи с программой бакалавриата или магистратуры. Если это ново, то пока это набор формальностей, к которым просто необходимо приспособиться.

- Модель сетевого взаимодействия. Имеется в виду объединение вузов в систему, когда вуз, ранее бывший вполне самостоятельной единицей, начинает восприниматься как одна из ее ячеек. Если это Университет Шанхайской организации сотрудничества, сеть

соединяет университеты Киргизии, Китая, Таджикистана и Узбекистана с 16 российскими университетами - ИТМО, ЛЭТИ и другими.

- Виртуальная модель университета. Все больше реальных, известных университетов открывают учебные программы в масштабном виртуальном проекте Second Life - многопользовательской онлайн-игре, представляющей собой трехмерный виртуальный мир. Здесь обосновались Оксфорд, и университет Лидса, Эдинбургский университет, Гарвард, Стокгольмская школа экономики и Католический университет Рио-де-Жанейро. Есть также университеты, которые нам менее известны - университеты в Перу и Корее.

- Модель с сильным фильтром на входе. Сегодня это противовес болонской тенденции. В России это университеты, которые имеют право сдавать собственные вступительные экзамены. Кроме того, эта модель, например, во Франции, стране, известной своим относительно бесплатным поступлением в государственные университеты. В конце концов, во французских вузах так же просто, как не попасть в Сорбонну.

Университет 21-го века, будучи сложной самоорганизующейся системой, должен сочетать фундаментальное образование и исследовательский процесс в качестве основных характеристик классического университетского образования, основанного на либеральных образовательных концепциях, и прагматическом подходе, который усиливает практическую направленность университета и превращает свои традиционные структуры в предпринимательские структуры. В этих структурах уже в рамках университета формируются высококвалифицированные специалисты, востребованные на рынке труда, что предъявляет все больше требований не только к теоретическим знаниям соискателя, но и к наличию опыта. [4] Современная образовательная практика российского высшего образования демонстрирует нам не только вышеперечисленные модели университетов, но и те, которые не упомянуты в федеральном законодательстве: региональные, отраслевые, международные, открытые университеты и т.д. Недавно появилась новая модель университета – цифровой университет. [3] Универсального решения для достижения конкретных результатов с использованием цифровых технологий не существует. Но, прислушиваясь к мнению пользователей, можно получить наиболее ценную информацию и использовать ее в качестве основы для дальнейших действий. Проект по цифровой трансформации университета должен быть инициирован высшим руководством и поддерживаться на уровне институтов / факультетов / стратегических академических подразделений / отделов. Последние должны взять под личный контроль реализацию мер, направленных на достижение необходимых результатов, и связать свои планы действий с общей стратегией развития университета.

Улучшение ИТ-сервиса должно осуществляться как в технологическом направлении, в рамках которого планируется использовать новые ИТ-методы и подходы, так и в направлении упрощения взаимодействия заинтересованных сторон с этими технологиями. Приоритетные задачи ИТ-службы в контексте цифровой трансформации вуза:

- Отслеживание технологических инноваций и консультирование по вариантам их возможного использования для достижения целей, поставленных перед университетом;
- Совершенствование политики и процедур, направленных на стимулирование использования инновационных цифровых технологий среди административного персонала университета, студентов и научно-педагогических работников;

- Обеспечение максимально открытого и удобного доступа к информационным ресурсам и системам с целью обеспечения возможности использования данных с помощью новых технологий;

- Оптимизация использования облачных решений для стимулирования инноваций и быстрого обновления новых цифровых функций, продуктов и систем.

Роль службы управления персоналом в процессе цифровой трансформации заключается в разработке комплексной программы обучения персонала для внедрения новых технологий:

- · Разработка трудовых договоров и программ непрерывного образования для обеспечения постоянного развития навыков цифровой грамотности;

- · Предоставление учебным процессам, наряду с процессами научной деятельности, важной роли для содействия инновациям в разработке новых методов и методов обучения с максимальным использованием потенциала цифровых технологий.

Разнообразие моделей университетов определяется рядом факторов: особенностями социально-экономического развития страны, определяемыми уникальностью сложившихся технико-экономических систем, уникальностью человеческого капитала и национальной культуры. Университет, как институт воспроизводства и перевода культуры, в широком смысле этого слова в своих моделях отражает особенности национальных культур, специфику понимания и интерпретации традиционных институтов и культурных ценностей, общие тенденции развития социальные, научные, технические, экономические и политические процессы, происходящие в мире. [5] Хотя переход к цифровому веку может быть пугающим, университеты, которые разрабатывают правильную бизнес-стратегию, могут открыть много интересных новых возможностей для взаимодействия со студентами и преподавателями. Не существует единого способа достижения конкретных результатов с использованием цифровых технологий.

Список литературы

1. Модель Университета НТИ <https://tass.ru/obschestvo/6328109> (дата обращения 22.04.2018):
2. Модели университетов <https://edunews.ru/entrants/usefull-materials/modeli-universitetov.html> (дата обращения 22.04.2018):
3. Новая реальность образования: что такое цифровой университет сегодня. <https://na.ria.ru/20190722/1556704299.html> (дата обращения 20.03.2020)
4. Новые модели и цифровая трансформация университетов <https://2018.edcrunch.ru/agenda/university-novoy-modeli-ogr-anicheniya-vozmozhnosti-osobennosti-finansovoy-i-upravlencheskoy-organi/> (дата обращения 14.04.2018)
5. Цифровой университет: новое образование для новой экономики <http://libinform.ru/read/articles/TCifrovoy-universitet-novoe-obrazovanie-dlya-novoj/> (дата обращения 04.04.2019)

ПРЕПЯТСТВИЯ ИНТЕГРАЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА И СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Е.Д. Орлова

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

Аннотация В статье предпринята попытка рассмотреть влияние системы менеджмента на внедрение бережливого производства на отечественных предприятиях, а также препятствия возникающие при попытке интеграции двух систем.

Ключевые слова: Бережливое производство, Система менеджмента качества, Интегрированная система, система менеджмента бережливого производства

На сегодняшний день организации для эффективного функционирования в быстро меняющихся условиях рынка, постоянно растущих требований потребителей, применении новых инновационных решений конкурентами одной системы менеджмента качества (далее - СМК) не достаточно для удержания позиции на рынке. Завоевавшее признание в Японии, а затем в Америке и Европе, концепция бережливого производства (далее - БП) все больше набирает позиции и на Российских предприятиях. Внедрение стандартов ИСО происходит одновременно с постоянным совершенствованием СМК. Однако целью СМК и БП является удовлетворение требований потребителя, однако отличием концепции СМК от БП является расстановка приоритетов. В СМК сделан акцент на качестве, в бережливом производстве — на поиске и устранении потерь. Первая система ориентирована на результативности менеджмента качества, процессов и продукции, вторая на производительность и эффективность бизнеса. [1]

Целью данной статьи является выявление препятствий применения методов бережливого производства на российских предприятиях, функционирующих в рамках СМК. В данной статье будут рассмотрены эндогенные факторы, оказывающие влияние на интеграцию концепции БП и СМК.

Для достижения целей организации в современных условиях рынка необходимо использовать интегрированный подход к менеджменту качества и БП. В 2017 году был выпущен стандарт ГОСТ Р 57522-2017 [2], который дает рекомендации по созданию интегрированной системы менеджмента качества и бережливого производства. Однако данного стандарта недостаточно для устранения препятствий внедрения БП в существующую СМК. Менеджеры по качеству и консультанты могут использовать данный стандарт как руководство для применения бережливого мышления в СМК, чтобы обозначить взаимосвязь между двумя стандартами. Однако эти рекомендации не предлагают практическую документальную модель совместимую с ISO 9001.

Несмотря на значительный опыт российских компаний внедрения СМК и развивающуюся в России методологическую базу (стандарты серии 56000) для применения концепции БП существуют ряд проблем синергии СМК и БП.

Для осуществления деятельности по внедрению БП на предприятии как правило учреждают дополнительное подразделение по ведению БП или формируют фокус-группу ответственную за реализацию концепции на предприятии. В следствие чего происходит конфликт службы качества и ответственных лиц за реализацию концепции БП в борьбе за

роль «ведущей» системы управления. Специалисты СМК отказываются признавать подходы БП, а специалисты по БП отвергают СМК, как излишне забюрократизированные и формальные, инертные, слабо развивающиеся системы, не дающие заметного эффекта для бизнеса [3]. Данное препятствие возникает в связи с тем что в компании неправомерно распределены полномочия и ответственность за интегрированную систему менеджмента. Как следствие это приводит к увеличению материальных затрат, и не несет никакой ценности для предприятия, что противоречит основам философии БП.

В свою очередь, из конфликта между специалистами ответственными за реализацию разных систем, следует проблема взаимодействия документации СМК и БП. Очень часто документы либо дублируют друг друга, либо, что еще хуже, противоречат друг другу. Это значительно усложняет работу исполнителям процесса, на который документация распространяется.

Такая ситуация ведет к ухудшениям в производственно-социальной психологии в части непризнания работниками новых изменений и нежелания выполнять требования регламентирующих документов, что является важным препятствием для внедрения БП. Сложности внедрения БП в организации также обусловлены тем, что внедрение бережливого производства требует изменение корпоративной культуры компании. В России корпоративная культура является частью национальной культуры и менталитета.

Решением проблемы в части производственно-социальной психологии и одновременно препятствием может стать приверженность высшего руководства в процесс интеграции. Важным фактором успеха интеграции является четкое понимание высшего руководства целей и результата от интеграции.

Сложность применения БП в существующей СМК чаще всего обуславливается формальностью СМК. Система качества функционирует только для успешного прохождения сертификации, следовательно, и отношение к внедрению БП как к модной тенденции по оптимизации процессов, которая не приносит значительных улучшений компании [4]. Это связано с желанием руководства в получении быстрого эффекта от внедрения. Важно понимать что интегрированный подход к СМК и БП - это долгосрочная инвестиция в будущее компании.

Еще одной причиной противоречий может служить некая разнонаправленность систем [5]. СМК прежде всего направлена на результативность процессов, а БП – направлена на эффективность этих процессов, путем сокращения потерь. Однако СМК и БП предназначены для улучшения производственных процессов предприятия. При грамотном управлении процессами эти две системы могут и должны идти параллельно, так как они обе ориентированы на достижение одних целей [4]. Важно понимать, что любая попытка интеграции двух систем управления не должна коренным образом менять уже существующую систему управления. Для достижения положительно эффекта от внедрения любое изменение должно происходить постепенно с вовлечением всех сотрудников предприятия.

Недостаточное вовлечение сотрудников является очень важным препятствием на пути интеграции двух систем управления. Сотрудники компании зачастую ошибочно полагают, что СМК и БП это зона ответственности только определенной группы людей, а не всех сотрудников, осуществляющих внутренние процессы. Обучение сотрудников и разъяснения основных преимуществ от применения интегрированного подхода к системам управления должно являться главной задачей высшего руководства.

В данной статье были рассмотрены и проанализированы основные препятствия для интеграции БП на предприятия с существующей СМК. По результатам анализа сделан вывод, что препятствия существуют на любом производстве. Однако конечной целью двух систем управления является удовлетворенность потребителя. Для эффективной синергии две системы управления должны идти параллельно, так как они обе ориентированы на достижение одних целей.

Список литературы

1. СМК и бережливое производство: интегрировать нельзя разделять? [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://ria-stk.ru/mmqa/detail.php?ID=119605>
2. ГОСТ Р 57522-2017 «Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства»
3. Бережливое производство и СМК: как получить синергию в развитии бизнес-систем? [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.logistics.ru/learning/news/berezhlivoe-proizvodstvo-i-smk-kak-poluchit-sinergiyu-v-razviti-biznes-sistem>
- 5 Blecken, A., Zobel, A. and Maurantzas, E. (2011), "Development of a Lean Quality Management System: An Integrated Management System", Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 46, pp. 141-151.
6. Гращенко Наталья Васильевна Проблемы взаимодействия и интеграции системы менеджмента качества и системы менеджмента бережливого производства в рамках системы управления предприятия // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2017. №2.

Сборник материалов
VIII Научно-практической конференции с международным участием
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
для студентов, аспирантов и молодых ученых
состоявшейся 14-16 мая 2020г.
в г.Санкт-Петербурге
Том II