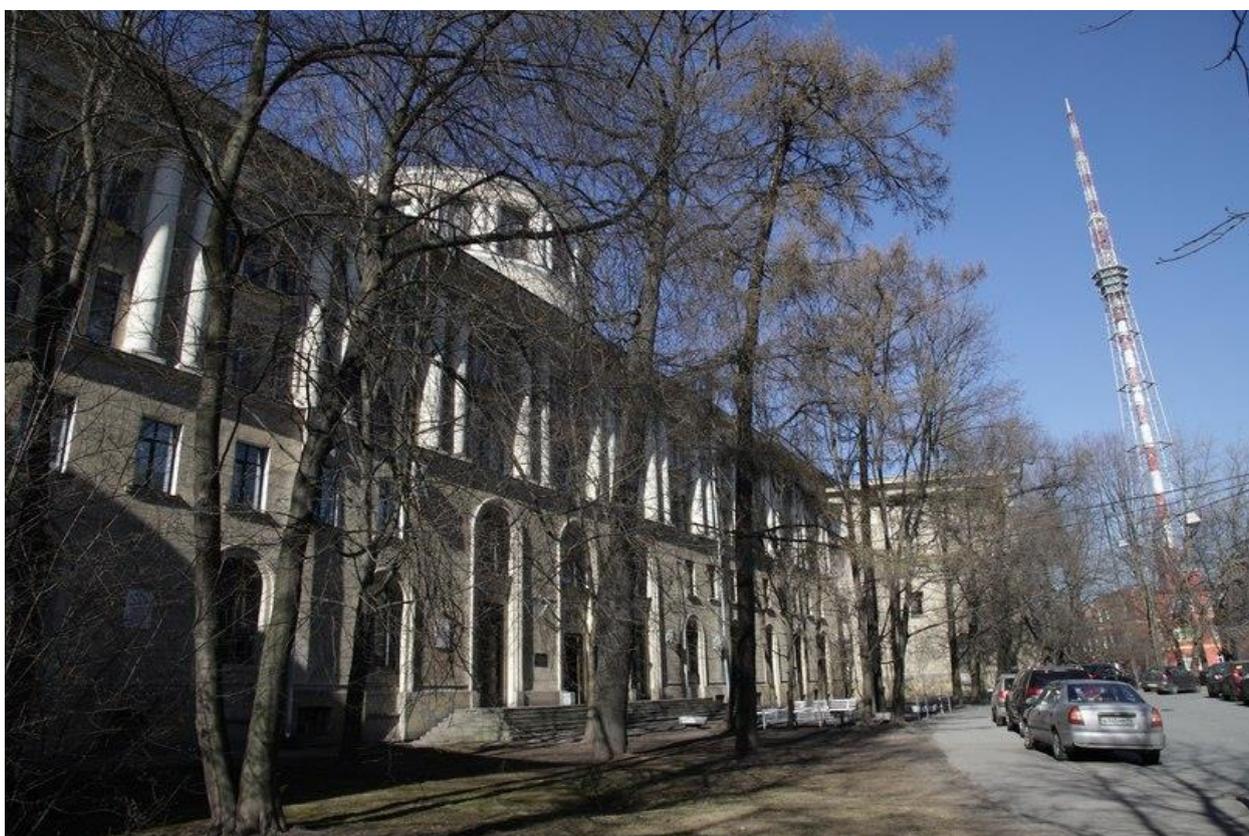


Министерство образования и науки РФ  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"  
им. В.И. Ульянова (Ленина)

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



**Сборник материалов конференции  
16 – 18 мая 2019**

**Том II**

Санкт-Петербург  
2019

**УДК 001.2**

**VII НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Том 2. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. 131 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 «ОПТО-СЕНС», 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
- Мехатроника и робототехника
- Электропривод, автоматика и энергосбережение
- Приборостроение
- Биомедицинская инженерия
- Управление качеством и инноватика

Сборник материалов содержит доклады, представленные на VII Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 16 – 18 мая 2019 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

<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ</b> .....	6
Первые шаги в создании умного дома.....	6
<i>Г.М. Билалов, М.М. Филиппов, И.Л. Тонев</i>	
Разработка устройства управления световым лучом лазерного дальномера .....	9
<i>Т.И. Лозгачева</i>	
Использование метода акустического резонанса при поиске твердых отложений парафина в нефтепроводе.....	13
<i>Д.С. Мартьянов</i>	
Разработка алгоритмического обеспечения системы обнаружения изменений свойств объектов по цифровым видеоизображениям .....	15
<i>А.В. Пересыпкин</i>	
Нахождение резонанса с помощью программного комплекса Ansys.....	17
<i>В.А. Селимов</i>	
Создание макета системы контроля, измерения и управления «узел загрузки отходов» ...	21
<i>А.С. Тихоненков, Н.В. Романцова</i>	
Некоторые аспекты в разработке и уточнении модели эффективности достижений спортсменов в ходе создания биотехнической системы адаптивного управления параметрами психофизиологического состояния спортсменов - аэробистов .....	24
<i>К.Н. Болсунов, А.Д. Трошева</i>	
Мобильная система брикетирования и утилизации твердых бытовых отходов по принципу пиролиза для решения различных технологических задач.....	26
<i>М.Ю. Гляков, М.С. Шкиря</i>	
<b>БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ</b> .....	30
Assay of activin a and inhibin a as predictors for preeclampsia among ugandan women at mulago national referral hospital .....	30
<i>Calvin Abonga, Zoe Sekyonda Matovu Brian</i>	
Анализ-сравнение интерфейсных микросхем для проектирования портативных кардиографов.....	33
<i>Б.Э. Алексеев</i>	
Оценка спада сатурации крови кислородом на основе анализа сигнала спирограммы: сравнительный анализ стратегий обучения и тестирования моделей .....	36
<i>В.С. Белов, Ю.А. Живолупова</i>	
Исследование сенсорных принципов акустической и импедиметрической идентификации бактерий.....	40
<i>А.Ю. Гагарина, А. Тажбенов, Н. О. Ситков, Т.М. Зимина</i>	
Носимое устройство регистрации биомедицинских сигналов.....	43
<i>Э.А. Даминова</i>	
Разработка носимого прибора для ионофореза .....	47
<i>Д.А. Егоров</i>	

Синтез и визуализация магнитных наночастиц с флуоресцентной меткой под воздействием внешнего магнитного поля .....	50
<i>Д.В. Королев, В.Н. Зорин, К.Г. Гареев, Н.В. Евреинова, Н.А. Печникова, В.Н. Постнов</i>	
Применение аддитивных технологий для изготовления биосовместимых остеозамещающих имплантатов.....	53
<i>И.А. Насчетникова, М.В. Гилев, С.И. Степанов</i>	
Комплекс показателей и методы оценки физиологических резервов спортсмена.....	54
<i>М.Т. Нгуен, А.А. Томчук</i>	
Разработка системы контроля, поддержания и навязывания частоты сердечных сокращений с функцией электроимпульсной терапии.....	57
<i>К.Д. Новожилова</i>	
Разработка альтернативного метода калибровки тренажеров ЭКГ .....	59
<i>А.М. Рагев</i>	
Устройство для одновременной регистрации ЭКГ и фотоплетизмограммы.....	61
<i>В.А. Симон</i>	
Разработка и исследование системы позиционирования колоний бактерий в микрофлюидной подсистеме для лаборатории-на-чипе .....	63
<i>Е. П. Карибджанова, В. Е. Лемозерский, Т.М. Зимица</i>	
Устройство для стимуляции блуждающего нерва.....	64
<i>М. Ткаченко</i>	
Разработка имитационной модели системы регистрации актографического сигнала .....	67
<i>Т.С. Токарчук, Ю.О. Боброва</i>	
Автоматизация оценки уровня выраженности неврологического дефицита и клинической симптоматики у детей с ишемическими инсультами.....	70
<i>Г.М. Федотова</i>	
Система поддержки принятия решения врача-гастроэнтеролога при диагностике воспалительных заболеваний кишечника .....	73
<i>Н.М. Шелякина, М.И. Скалинская, А.А. Смирнов</i>	
<b>УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ИННОВАТИКА.....</b>	<b>77</b>
Применение метода разворачивания функций качества (QFD) на примере косметических кремов.....	77
<i>И.И. Барабанищкова, В.В. Кочерова</i>	
Сложности при внедрении ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в общеобразовательные организации .....	81
<i>Т.Д. Бутина</i>	
Независимая оценка квалификаций- основа для совершенствования профессионала.....	85
<i>О.И. Веретенникова</i>	
Анализ инновационных решений в сфере управления отходами .....	88
<i>К.А. Искандарова</i>	
Обзор методов оценки устойчивого развития .....	90
<i>О.В. Кибирева</i>	
Методы оценки зрелости системы менеджмента качества в организациях .....	93
<i>А.А. Кониболоцкая, О.В. Вусович</i>	

Формирование эффективной системы управления технологическими процессами на железнодорожном транспорте .....	96
<i>Н.С. Кузнецова</i>	
Практика и проблематика управления качеством в органах государственной власти.....	101
<i>Т.А. Малафеевский</i>	
Сертификация систем менеджмента безопасности пищевой продукции в России .....	105
<i>Е.И. Осипова</i>	
Разработка программы для устройства «Умный будильник» .....	108
<i>А.А. Осыка</i>	
Применение причинно-следственной диаграммы исикавы в организациях интернет-рекламы .....	112
<i>А.Э. Парахин</i>	
Бережливое производство как способ повышения эффективности промышленного предприятия.....	115
<i>С.С. Рясков, Я.С. Рясков</i>	
Основные проблемы, возникающие на начальных этапах внедрения системы бережливого производства на примере предприятия полиграфической отрасли .....	119
<i>Е. А. Смирнова</i>	
Обеспечение качества детских оздоровительных лагерей .....	122
<i>О.В. Темнова</i>	
Обзор проблематики и качества проведения выставочных мероприятий на примере ООО ВО «РЕСТЭК» .....	124
<i>К.Е. Хорев, Д.П. Шургаев</i>	
Применение технологии операционального определения для установления характеристик качества образовательных услуг, оказываемых репетитором .....	127
<i>Е.А. Смирнова, А. А. Шулянский</i>	

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

### ПЕРВЫЕ ШАГИ В СОЗДАНИИ УМНОГО ДОМА

Г.М. Билалов, М.М. Филиппов, И.Л. ТОНЕВ

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

**Аннотация.** В данной работе рассматривается система автоматизации входной двери в рамках системы умный дом. При реализации создается канал управления сервоприводом на основе датчиков вибрации, пьезодатчика и сенсорной кнопки на аппаратной платформе Arduino.

*Ключевые слова:* датчик, аппаратная платформа, умный дом, автоматизация

Во все времена, люди пытались упростить себе жизнь в тех или иных сферах. Поэтому в работе было решено начать с самого простейшего, что может действительно упростить человеку жизнь, а именно с открытия и последующего закрытия двери, под управлением микроконтроллера (МК).

В разработке использовалось три датчика, датчик, считывающий вибрацию (SW 420), пьезодатчик и датчик, работающий как сенсорная кнопка, она же емкостная.

#### Подробнее о датчиках

**Датчик вибрации (вибродатчик).** В основе этого датчика лежит металлическая пружина внутри пластиковой трубки, которая начинает колебаться при вибрации. Модуль датчика имеет три разъема (рисунки 1).



Рис 1 Датчик SW-420

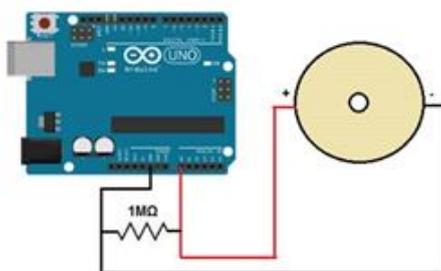


Рис 2 Пьезодатчик

Принцип работы этого датчика состоит в том, что при внешнем воздействии на сигнальном выходе датчика возникает напряжение +5V, которое может быть использовано для подачи сигнала как на контроллер, который, в свою очередь, подаст управляющий сигнал на отдельный модуль.

На модуле имеется усилитель сигнала, подстроечный (тензо)резистор, для регулировки чувствительности датчика выдает цифровой сигнал Наличия («1», HIGH LEVEL) или отсутствия («0», LOW LEVEL) вибрации.[1]

**Пьезодатчик.** Подключение пьезодатчика осуществляется через аналоговый вход с использованием резистора для нагрузки в 1 МОм (Рисунок 2)

**Принцип работы** датчика основывается на подаче на него механического воздействия путем нажатия, и в случае превышения порогового значения напряжения, возникающего при пьезоэффекте, возникает сигнал наличия который является активирующим для сервопривода .

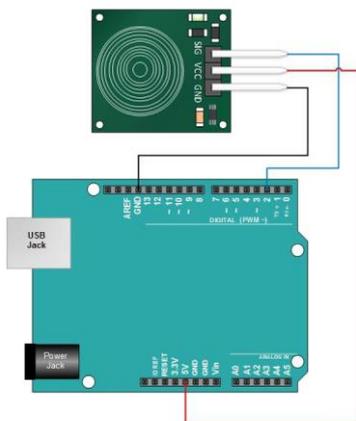


Рис. 3 Емкостная кнопка

**Принцип работы** основан на изменении общей емкости кнопки при касании сенсорного датчика. Срабатывание модуля на коммутацию происходит от прикосновения пальцем к сенсорному датчику. В состоянии покоя на выходе модуля имеется низкий уровень напряжения («0»), при касании сенсора появляется высокий («1») уровень напряжения.

Исходя из указанных данных, была построена таблица и сделаны выводы.

Таблица 1

№	Наименование	Выходная величина	Тип воздействия	Выходной сигнал	Выходы
1	Цифровой (SW-420)	1 или 0	Реагирует на стороннее воздействие	Цифровой	VCC-подключение к питанию GND-подключение к земле DO-цифровой выход
2	Аналоговый (ПЬЕЗО)	Значения В милливольтах	Нажатие	Аналоговый	GND-подключение к земле АО-аналоговый выход
3	Цифровой (емкостная кнопка)	1 или 0	Нажатие	цифровой	VCC-подключение к питанию GND-подключение к земле DO-цифровой выход

К плюсам первого датчика можно отнести его: компактность, стоимость, простота подключения к Arduino и унификация работы к Arduino. К минусам: ложные срабатывания, а также механическую настройку чувствительности.

К плюсам второго датчика или по-другому пьезодатчика входят такие свойства как надежность, стоимость и ремонтпригодность. Минусов у этого датчика немного, но в разработке прототипа они доставили немало проблем.

Одним из главных недостатков этого датчика является то, что для нормального функционирования необходимо прямое воздействие на датчик (ввиду ограничений пьезоэффекта). Так же возникают ложные срабатывания при воздействиях на провода.

**Сервопривод.** Под сервоприводом чаще всего понимается механизм с электромотором, который поворачивается на заданный угол и удерживает это положение. С другой стороны, сервопривод — это привод с управлением через отрицательную обратную связь, позволяющую точно управлять параметрами движения. Сервоприводом является любой тип механического привода, имеющий в составе датчик (положения, скорости, усилия и т.п.) и блок управления приводом, автоматически поддерживающий необходимые параметры на датчике и устройстве согласно заданному внешнему значению.

### Принцип работы

Сервопривод получает на вход значение управляющего параметра. Например, угол поворота. Блок управления сравнивает это значение со значением на своём датчике. На основе результата сравнения привод производит некоторое действие, для данной разработки, это поворот на 180 градусов при воздействии на один из трех датчиков.

### Разработка

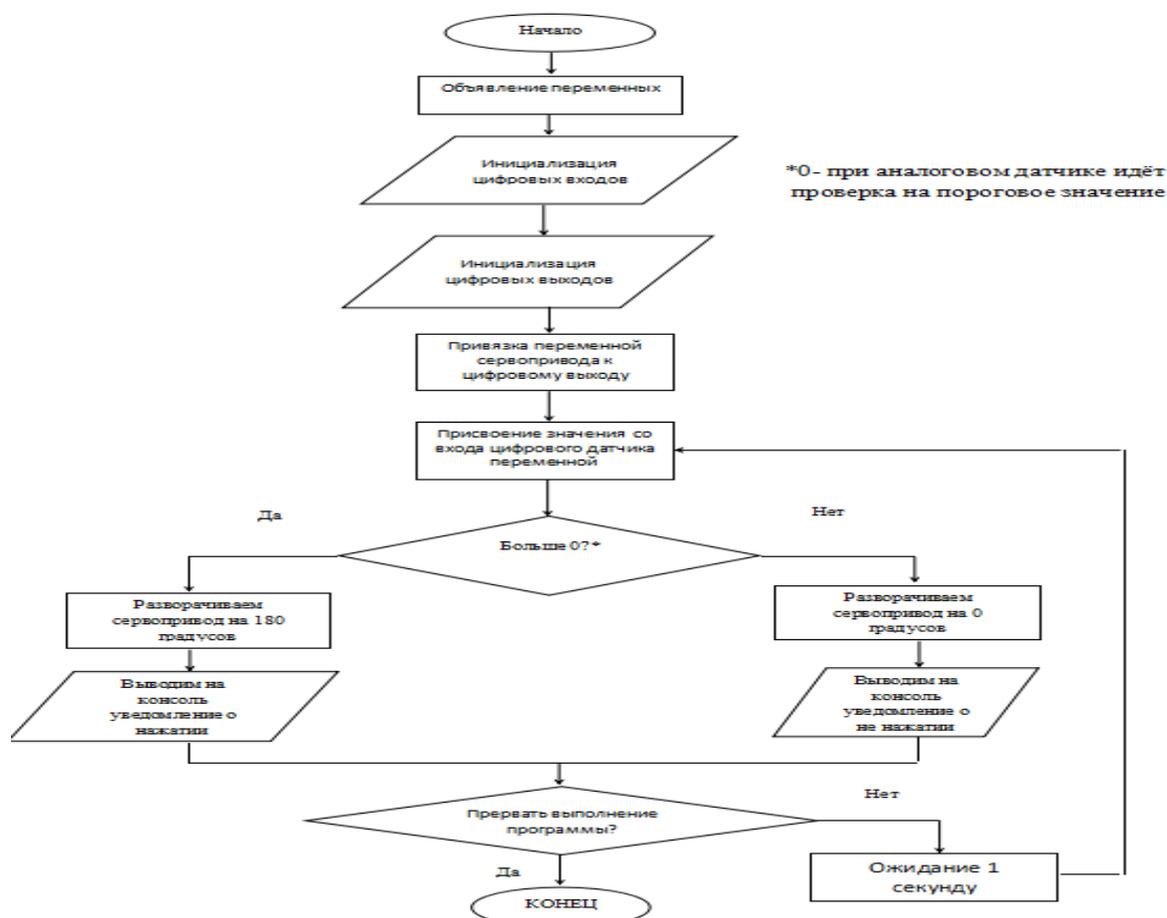


Рисунок 4. Алгоритм

Процесс разработки состоял из трех основных этапов: построение системы управления сервоприводом, программирование платы, проведение эксперимента.

В зависимости от типа датчика, он подключался или к цифровому, или же к аналоговому выводу на плате. После чего плата программировалась по следующему алгоритму, представленному на рис.4. [2]

Программирование платы осуществлялось в среде разработки Arduino IDE на C подобном языке, используя стандартные библиотеки. Выходной сигнал подавался на сервопривод, который был подключен к аналоговым выходам платы. Ниже представлен пример подключения сервопривода с 1-м датчиком.

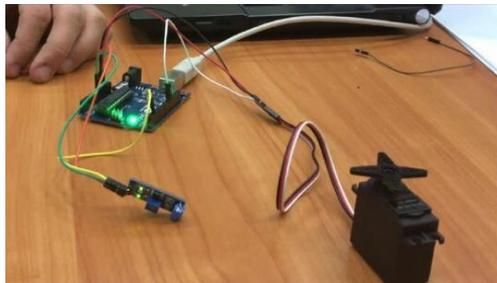


Рис. 5.

### Выводы

В ходе данной работы были проведены эксперименты с различными датчиками. Выявлены их достоинства и недостатки в тех или иных ситуациях. Разобраны принципы действия датчиков. И собран прототип устройства «Умной двери».

### Список литературы

1. Виктор Петин. Проекты с использованием контроллера Arduino;
2. Улли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino.

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫМ ЛУЧОМ ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Т.И. ЛОЗГАЧЕВА

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

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой устройства управления световым лучом лазерного дальномера в составе многоканального устройства обнаружения объектов. Представлены принцип действия, возможности и функции многоканальных систем. Предложен вариант устройства управления лазерным лучом, основанный на использовании оптического клина, образованного линзами. Выполнены аберрационный и точностной расчеты, предложена функциональная схема привода поворота линзы. На основе проведенных расчетов построена 3D модель устройства управления лучом в САПР КОМПАС-3D.

*Ключевые слова:* многоспектральная оптико-электронная система, лазерный дальномер, устройство управления лучом, линзовая система.

В настоящее время широкое распространение получили многоспектральные оптико-электронные комплексы наблюдения на основе многоспектральных оптико-электронных систем. Они используются во многих областях, например, в промышленности, в военном деле, в экологии.

Одной из важнейших задач многоспектральных оптико-электронных комплексов наблюдения является обнаружение и распознавание объектов путем регистрации их собственного оптического излучения в различных диапазонах. Такие системы имеют как минимум три канала: телевизионный, тепловизионный и канал лазерного дальномера. Телевизионный и тепловизионный каналы служат для обнаружения объекта и наведения на его угловые координаты (углы места и цели), а также как визиры для лазерного канала, с помощью которого измеряется дистанция до цели.

По итогам настройки такой многоканальной системы оси телевизионной системы, тепловизора и лазера дальномера должны иметь непараллельность не более 0.5 расходимости пучка лазера [1]. Таким образом, ось лазерного пучка оказывается жестко привязана к визирным осям тепловизионной и телевизионной систем. При описанной согласованности каналов системы возникает проблема, заключающаяся в том, что если в их поле зрения оказываются несколько целей, то измерить расстояние до них возможно только при перенацеливании всей системы, что занимает много времени и не позволяет оперативно выдавать координаты целей.

Другой проблемой является влияние внешних помех, в первую очередь рефракции, которую невозможно полностью скомпенсировать, за счет расходимости лазерного луча. Явление рефракции заключается в не прямолинейном (изменении направления) распространении световых лучей из-за неравномерности температуры слоев воздуха. Таким образом, рефракция приводит к тому, что возникает ошибка определения угловых координат цели в визирных каналах, что в итоге обуславливает постоянные промахи при лазерном лоцировании точечной цели.

Компенсация оптической рефракции необходима в том числе из-за того, что углы рефракции зависят от длин волн: так как каждый канал работает в своем спектральном диапазоне, углы рефракции в каждом канале будут свои, что также усложняет задачу попадания лазерным лучом в малоразмерную цель. Решить эту проблему можно либо перенацеливанием лазерного луча, рассчитав соответствующую поправку на его положение, либо проведением сканирования области нахождения объекта лазерным лучом. Поскольку рефракция на горизонтальных приземных трассах зависит от разности температур воздуха и подстилающей поверхности, то измерив температуру воздуха и воды, можно сделать поправки в целеуказание. Учет динамической среды должен носить адаптивный характер.

Таким образом, для устранения указанных недостатков оптимальным будет использование устройства перенацеливания лазерного луча. Такие устройства можно разделить на два типа: электронно-оптические и оптико-механические [2,3]. В нашем случае углы отклонения луча определяются полем зрения визирных каналов и не должны быть меньше  $\pm 3^\circ$ ; так как электронно-оптические устройства позволяют отклонять луч на небольшие углы – порядка  $\pm 1^\circ$ , в нашем случае они не годятся.

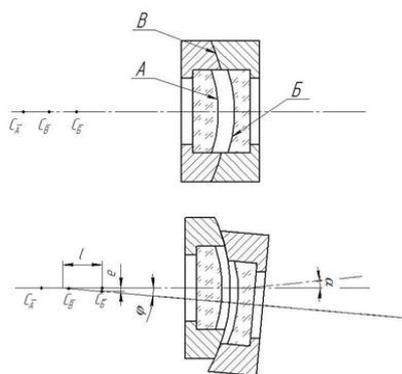


Рис. 1. Афокальный компенсатор с угловым перемещением линз

Угловая погрешность наведения лазерного луча устройством перенацеливания не должна превышать непараллельность осей излучателя лазерного дальномера и визирного канала  $\Delta\alpha = 30''$ , а требуемое разрешение (минимальный угол, на который можно отклонить луч) – мгновенное поле зрения визирного канала  $\delta\alpha = 3''$ . Поэтому рассмотрим применение оптико-механического устройства перенацеливания.

Проведя анализ возможных оптико-механических схем отклонения луча была выбрана схема оптического клина, образованного двумя линзами (рис. 1) [4].

Клин формируется двумя линзами, плоско-выпуклой и плоско-вогнутой, радиусы кривизны (поверхности А и Б) которых имеют близкие значения. Если оптические оси линз совпадают, то оптическая система действует как плоскопараллельная стеклянная пластина. Разворот выполняется благодаря тому, что оправы линз образуют сферический шарнир, позволяющий одной из них перемещаться по требуемым угловым координатам. Центр кривизны оправ должен совпадать с центром кривизны подвижной линзы.

Радиус подпятника, в котором происходит вращение, рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{подп}} = R_2 + \frac{d}{2},$$

где  $R_2$  – радиус подвижной линзы,  $d$  – воздушный промежуток между линзами (поверхность В).

Закон функционирования такого устройства описывается следующими формулами для соответствующих координат:

$$\begin{aligned} \alpha_x &= \varphi_x(n - 1), \\ \alpha_y &= \varphi_y(n - 1). \end{aligned}$$

Зная максимальные углы отклонения луча, определен требуемый угол поворота линзы относительно осей  $x$  и  $y$  и равен  $\varphi = 5,995^\circ$ .

Для углового перемещения подвижной оправы предполагается использовать линейные шаговые двигатели, штоки которых давят на боковые поверхности оправы и которые ориентированы ортогонально друг к другу и оптической оси неподвижной линзы. Углы поворота оправы связаны со смещением штоков зависимостью

$$\begin{aligned} \varphi_x &= \arctg\left(\frac{x}{R}\right), \\ \varphi_y &= \arctg\left(\frac{y}{R}\right). \end{aligned}$$

Таблица 1

**Конструктивные параметры оптической схемы**

Радиусы кривизны поверхностей, мм	Толщины линз и воздушных промежутков, мм	Марки стекол
0	5	К8
-200.173	10	Воздух
-205.176	3	К8
0		

Для данной схемы устройства перенацеливания выполнены абберационный и точностной расчеты [5]. В результате абберационного расчета были получены конструктивные параметры оптической схемы устройства, которые приведены в таблице 1.

Таблица 2

**Результаты точностного расчета**

№	Название первичной погрешности	Обозначение погрешности	Допуск на погрешность
1	Погрешность показателя преломления материала линз	$\Delta n$	$4.5 \times 10^{-4}$
2	Погрешность угла поворота линзы	$\Delta \varphi$	17"
3	Децентрировка поверхностей линз	$\Delta e$	19"
4	Погрешность формы оправ	$\Delta r$	19 мкм
5	Зазор между оправами	$\Delta C$	19 мкм
6	Несовпадение центров кривизны оправ и линзы	$\Delta l$	0.55 мм

В ходе точностного расчета были определены первичные погрешности, влияющие на погрешность отклонения луча и допуски на них. Результаты точностного расчета приведены в таблице 2.

Также была разработана 3D модель устройства перенацеливания лазерного луча, приведенная на рисунке 2.

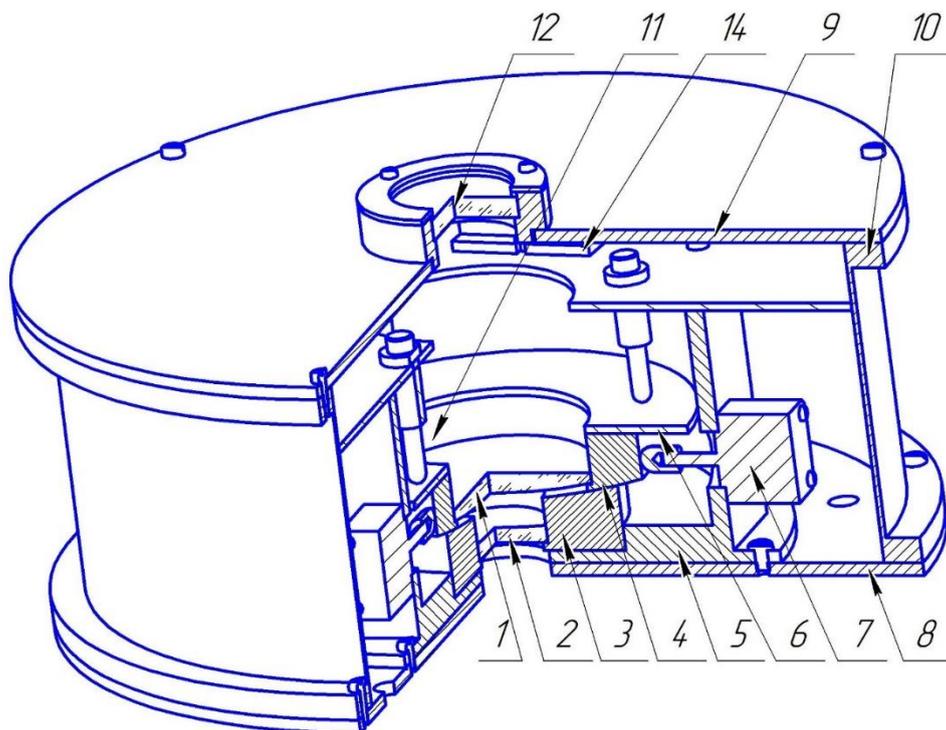


Рис.3 3D модель устройства перенацеливания лазерного луча

Модель устройства выполнена в виде моноблока. Несущей конструкцией является корпус 5, в котором закреплена оправа 3 с отрицательной линзой 2. Силовое замыкание оправ 2 выполнено с помощью трех подпружиненных опор 11 на диск 6. Разворот оправы 4 с положительной линзой 1 выполняется с помощью двух ортогонально размещенных линейных шаговых двигателей 7, штоки которых давят на лыски оправы. Платы управления шаговыми двигателями 14 размещены на панели 13, которая закреплена на торце корпуса. Для защиты от внешних воздействий устройство закрыто цилиндрическим кожухом 10 и двумя торцевыми крышками 8, 9 с защитным стеклом 12.

В ходе работы были выполнены основные расчеты, получены конструктивные параметры устройства и допуски на них. В ближайшее время планируется выполнить необходимую конструкторскую документацию на данное устройство.

### Список литературы

1. Лазерная дальнометрия / Аснис Л.А., Васильев В.П., Волконский В.Б. и др.. М.: Радио и связь, 1995. 256 с
2. Ребрин Ю.К. Управление оптическим лучом в пространстве. М.: Советское радио, 1977. 336 с;
3. Основы импульсной лазерной локации. Коцинцев В.И., Белов М.Л., Орлов В.М. и др.. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. 512 с;
4. Автоматическая стабилизация оптического изображения. Еськов Д.Н., Ларионов Ю.П., Новиков В.А. и др.. Л.:Машиностроение, 1988. 240 с;
5. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учеб. пособие. СПб.: Политехника, 2007. 579 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА ПРИ ПОИСКЕ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАФИНА В НЕФТЕПРОВОДЕ

Д.С. МАРТЪЯНОВ

*кафедра приборостроения Санкт-Петербургский горный университет*

**Аннотация.** Проблема загрязнений нефтепроводов парафином актуальна сегодня, отложение парафина в нефтепроводе вызывает снижение пропускной способности и увеличивает убытки. Отложения парафина в подъемных трубах приводят к резкому уменьшению их поперечного сечения, в результате чего снижается дебит и уменьшается буферное давление, а затем закупориваются подъемные трубы, после чего прекращается фонтанирование. В работе рассматривается решение проблемы при помощи прибора резонансного акустического контроля.

*Ключевые слова:* нефтепроводы; отложение парафина; поиск парафина методами неразрушающего контроля.

Нефти многих нефтяных месторождений парафинистые. В таких нефтях содержание парафинов (углеводородов от C1вN34 и выше) превышает 2%. В нормальных условиях парафины являются твердыми кристаллическими веществами, в пластах же они чаще всего растворены в нефти[1].

Подъем нефти от забоя скважины до устья и ее дальнейшее движение от скважины до газосепаратора сопровождается непрерывным изменением температуры и давления. В результате этого нарушается равновесие в системе «нефть—растворенный газ—растворенный парафин». Нефть, постепенно теряющая газ, становится более тяжелой, вязкость ее увеличивается, а ее растворяющая способность по отношению к тяжелым углеводородам и различным примесям снижается, так как уменьшается содержание в ней жидких газов, имеющих лучшую растворяющую способность[8]. Одновременно снижается и температура нефти, что вызывается двумя причинами: 1) передачей: тепла от нефти в окружающие скважину горные породы и 2) охлаждением нефти вследствие выделения газа. Охлаждение нефти вследствие выделения газа при большом газовом факторе преобладает по сравнению с охлаждением за счет теплоотдачи в грунт. Процесс выпадения и отложения парафина непосредственно на стенках труб продолжается с различной интенсивностью на всем протяжении подъемных труб — от точки, где он начался, до устья скважины. Та же часть парафина, которая выпадает в потоке, поднимается по подъемным трубам в виде мелких кристалликов, взвешенных в нефти, и кристалликов, прилипших к оболочкам газовых пузырьков. По мере увеличения содержания этих кристалликов в нефти они могут прилипнуть к стенкам труб, увеличивая толщину отложений парафина.

Парафин оседает на стенках нефтепровода, после чего, нормальная эксплуатация фонтанных скважин, в которых добывается парафинистая нефть, невозможна без удаления отложений парафина со стенок труб или без принятия мер, предотвращающих выпадение парафина на стенках.

Для очистки подъемных труб от парафина можно применять тепловое воздействие или механическую очистку специальными скребками [2]. Это затратный метод (по времени и по материальным затратам). Значительно повысить эффективность этих работ можно разработав метод точного поиска мест отложения парафинов.

В статье предлагается использовать для этих целей акустический вид неразрушающего контроля, в частности метод и прибор, основанный на анализе резонансных характеристик пьезопреобразователя, закрепляемого на различных участках наружной поверхности нефтепровода. Работа резонансных приборов основана на особенностях резонансных законов в линейных цепях. Обычно они используются для определения амплитуды и частоты одного

гармонического колебания или для определения амплитуд и частот нескольких гармонических компонент, входящих в состав сложного колебания [3].

В процессе контроля резонатор прибора закрепляется непосредственно на участке трубопровода, в котором требуется определить обрастание парафином. Резонансная частота преобразователя и его импеданс при наличии парафина резко изменяется, что является информационным параметром, позволяющим судить о наличии парафина и величине его отложений.

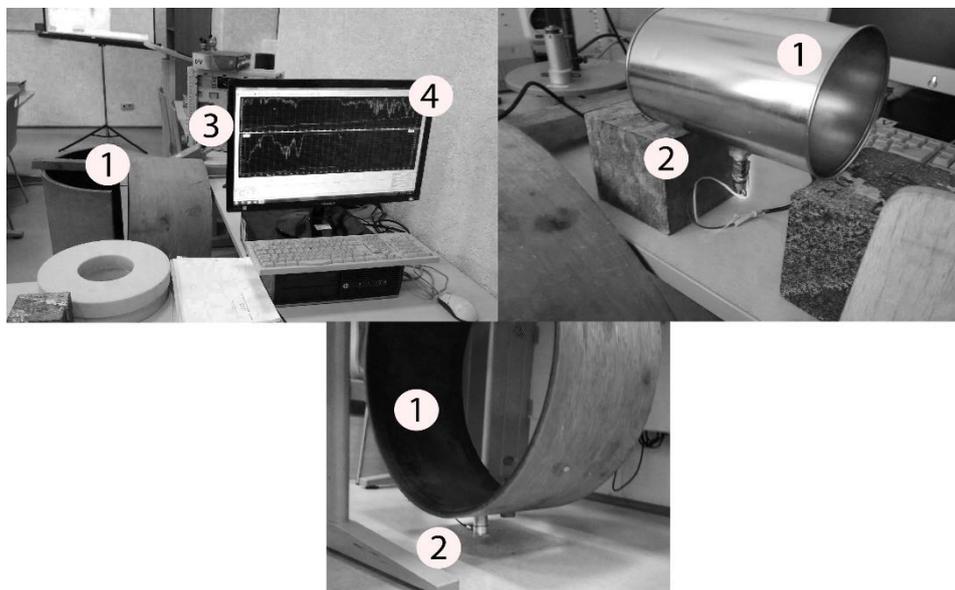


Рис. 1. Внешний вид контрольно-измерительной системы: 1 – модель трубы для эксперимента; 2 – совмещенный преобразователь; 3 – модуля усиления сигнала с преобразователя; 4 – компьютер.

Контрольно-измерительная система (рис. 1) модель трубы для эксперимента 1, совмещенный преобразователь 2, модуля усиления сигнала с преобразователя 3, компьютер с программой 4, с помощью которого записываются, обрабатываются и выводятся на дисплей результаты измерений. Система осуществляет измерение звукового сигнала, возбуждаемого в трубе, и его запись на носители информации (flash-носитель) в графическом виде.

Предлагаемый метод построен на возбуждении колебаний акустического сигнала, которые зависят от акустических характеристик трубы, с дальнейшим анализом периода собственных колебаний трубопровода ( $T$ ) и последующим расчетом резонансной частоты ( $\omega$ ) по формуле (1)[7]:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

Связь резонансной частоты колебаний толстой трубы с ее размерами для разных мод колебаний дается в формуле зависимости частоты собственных колебаний от жесткости [5]:

$$\omega = \omega_{\kappa} = \frac{4K(K^2 - 1)}{\sqrt{K^2 + 1}} \sqrt{\frac{EI}{mD^4}} \quad (2)$$

Где в формуле (2)  $E$  – модуль упругости;  $I$  – момент сопротивления поперечного сечения изгиба;  $m$  – масса участка трубы;  $D$  – диаметр кольца трубы;  $K$  – мода колебаний.

Момент сопротивления изгиба рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3)$$

где в формуле (3)  $b$  – ширина кольца трубы;  $h$  – толщина стенки трубы.

С учетом формулы определения зависимости частоты собственных колебаний от жесткости можно рассчитать модуль упругости ( $E$ ) при наличии всех необходимых данных:

$$E = \frac{(K^2 + 1)mD^4 \omega_k^2}{16K^2(K^2 - 1)^2 I} \quad (4)$$

В формуле (4) мода колебаний  $K$  может принимать значения от 2 до 5 (основные гармоники измерений).

Жесткость кольца трубы, приведенная к единице длины трубы, определяется по следующей формуле [5]:

$$SN = \frac{EI}{bD^3} \quad (5)$$

Подставляя в уравнение (5) выражения для модуля упругости и частоты колебаний, получаем формулу для расчета жесткости участка трубы [6]:

$$SN = \frac{\pi^2 (K^2 + 1)mD}{4K^2(K^2 - 1)bT^2} \quad (6)$$

Зная все необходимые нам значения из уравнения (6), получаем окончательную формулу и находим необходимый параметр, изменяющийся при появлении парафина на стенках трубопровода:

$$m = \frac{4K^2(K^2 - 1)b\left(\frac{2\pi}{\omega}\right)^2 SN}{\pi^2(K^2 + 1)D} \quad (7)$$

Вывод: на основе проведенных исследований сделан вывод, что данный акустический метод неразрушающего контроля может использоваться в задачах по поиску отложений парафина на стенках нефтепровода.

### Список литературы

1. Рогачев М.К. Борьба с осложнениями при добыче нефти // М.К.Рогачев, К.В.Стрижнев. М.: Недра, 2006. 57с;
2. Основы нефтяного и газового дела: Учебник для вузов// Середя Н. Г., Муравьев В. М. — 2-е изд., перераб. и доп. М Недра, 1980, с. 287;
3. Теория и практика ультразвукового контроля // И. Н. Ермолов. — Москва: Машиностроение, 1981, с. 240;
4. Мурашов В.В. Неразрушающий контроль заготовок и деталей из углерод-углеродного композиционного материала для многоразового космического корабля «Буран» // Труды ВИАМ. 2013. №4. Ст. 05;
5. ГОСТ Р 54560–2011 Трубы и детали трубопроводов из реактопластов, армированных стекловолокном;
6. Никитин Е. К., Бурхан О. Л. Вычисление кольцевой жесткости колец из ПКМ методом акустического резонанса // Труды ВИАМ. 2015. №6. Ст. 06;
7. Потапов А.И., Сясько В.А. Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий. – СПб.: Гуманистика, 2009. 904 с;
8. Алиев А.Г. Борьба с парафиноотложениями при добыче, подготовке и транспорте газа и конденсата Карачаганакского газоконденсатного месторождения (КГКМ) // А.Г. Алиев, В.П. Кузнецова, А.И. Илясов, А.Н. Ключин // ОИ. Сер. «Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений». №.9.1985. – С. 45.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ ПО ЦИФРОВЫМ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯМ

А.В. ПЕРЕСЫПКИН

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

**Аннотация.** В докладе кратко рассмотрены методы обнаружения объектов на видеоизображениях и описана созданная программа алгоритма распознавания.

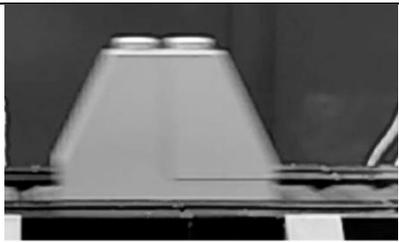
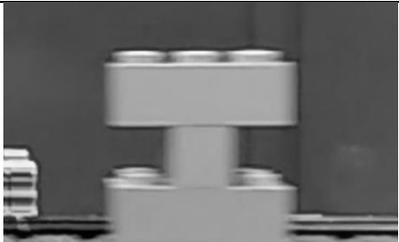
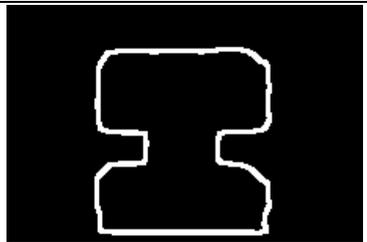
*Ключевые слова:* алгоритм, обнаружение объектов, кадр видео.

В настоящее время существует множество различных систем видеонаблюдения. Одной из основных задач, которые выполняют эти системы, является обнаружение и выделение «объектов интереса» на всех кадрах видеоизображения. Кадры из видеопотока могут анализироваться и обрабатываться с помощью различных методов или алгоритмов обнаружения объектов, применение которых зависит от конкретных ситуаций и условий. Разработанный алгоритм распознавания объектов основывается на механизме вычитания фона – создание модели фона и ее вычитание из кадра видеоряда [1]. Техники вычитания фона разделяются на две категории: нерекурсивные и рекурсивные. Нерекурсивные методы используют скользящее окно для оценки фона. Они хранят буфер предыдущих видеокадров и оценивают фоновое изображение на основе временного изменения каждого пикселя в буфере в то время, как рекурсивные методы не поддерживают буфер для фоновой оценки. Вместо этого они рекурсивно обновляют одну фоновую модель на основе каждого входного кадра. В качестве основы для алгоритма был выбран рекурсивный метод представления модели фона смесью Гауссовых распределений (Gaussian mixture model или GMM). При построении фона с использованием данного метода считается, что для любого пикселя  $(x_0, y_0)$  изображения  $I_k$  известна история изменения его интенсивности/цвета на всех предшествующих кадрах  $\{X_1, X_2, \dots, X_k\} = \{I_j(x_0, y_0), j = \overline{1, k}\}$ . Тогда вероятность того, что наблюдается значение  $X_k$ , может быть представлена смесью из  $s$  Гауссовых распределений:

$$P(X_k) = \sum_{j=1}^s \omega_j^k N(X_k | \mu_j^k, \Sigma_j^k),$$

где  $\omega_j^k$  - вес  $j$ -ого распределения Гаусса для кадра с номером  $k$ ,  $\mu_j^k$  - математическое ожидание,  $\Sigma_j^k$  - среднеквадратическое отклонение,  $N(X_k | \mu_j^k, \Sigma_j^k)$  – функции плотности нормального распределения.

Таблица 1

№ кадра	Максимум корреляционной функции	Кадр видеофайла	Обнаруженный объект
42	0,8172		
72	0,8196		

В рамках данной работы в качестве «объектов интереса» будут выступать предметы различной формы, движущиеся по транспортной ленте. Видео с объектами было снято на стационарную камеру, объекты движутся на неменяющемся фоне.

Реализация алгоритма производилась в пакете прикладных программ MATLAB. MATLAB – это инженерная среда технических расчетов, которая позволяет решать различного рода технические задачи, в том числе и связанные с видеослежением. В частности, в ней содержится

пакет vision, в котором собраны функция компьютерного зрения, такие как BlobAnalysis, ForegroundDetector и т.д.

Чтобы решить вопрос об обнаружения и выделение движущихся объектов, используется готовый алгоритм ForegroundDetector [2]. ForegroundDetector – это функция, которая сравнивает цветные или полутоновые видеокadres с моделью фона, чтобы определить, являются ли отдельные пиксели частью фона или переднего плана. Затем вычисляется маска переднего плана. Данный алгоритм позволяет путем вычитания фона из кадра видео (background subtraction) обнаружить объекты переднего плана на изображении, полученном от стационарной камеры при относительно стационарном фоне.

Созданная программа алгоритма работает следующим образом:

1. Загружается необходимый для анализа видеофайл;
2. Создается объект foregroundDetector для обнаружения объектов переднего плана;
3. Считывается каждый кадр видеоряда;
4. На кадрах ограничивается область, в которой движется объект;
5. Кадры преобразуются из формата RGB в градации серого;
6. Выполняется обнаружение объектов переднего плана;
7. С помощью различных функций и фильтров убираются шумы на кадрах;
8. Определяется и выделяется граница объекта;
9. Заполняются разрывы в границе объекта, если таковые имеются;
10. При помощи нормированной корреляционной функции делается вывод о том, является ли обнаруженный объект объектом, движущимся в видеофайле.

Для этого проводится некоторое количество экспериментов для нахождения диапазона максимальных значений функции, в который должно попасть значение конкретного кадра.

Результат работы представлен в таблице 1.

Итогом проделанной работы является функционирующий алгоритм распознавания объектов, при запуске которого на протяжении всего видеоряда вокруг движущегося предмета выделяется его контур и записывается, на каких кадрах этот контур наиболее приближен к реальному объекту.

### Список литературы

1. S.C. Cheung and C. Kamath. Robust techniques for background subtraction in urban traffic video. Video Communications and Image Processing, SPIE Electronic Imaging, UCRL Conf. San Jose, 2004;
2. O. Barnich, M. Van Droogenbroeck ViBe: A universal background subtraction algorithm for video sequences // IEEE Transactions on Image Processing. 20(6).2011. P.1709-1724.

## НАХОЖДЕНИЕ РЕЗОНАНСА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

В.А. СЕЛИМОВ

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова*

**Аннотация.** В докладе анализируются возможности программного пакета Ansys, благодаря которым можно спрогнозировать явление резонанса и выявить недостатки, допущенные на ранних этапах проектирования сложного механизма. Анализ проведён на примере панели управления.

### Введение

В настоящее время при разработке различных изделий возникает необходимость в решении линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, задач механики жидкости и газа,

теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Особенно остро встаёт вопрос с решением данных задач при разработке нового изделия, и модификации существующих. Для их решения используют универсальную программную систему конечноэлементного (МКЭ) анализа – Ansys.

Резонанс - частотно-избирательный отклик колебательной системы на периодическое внешнее воздействие, который проявляется в резком увеличении амплитуды стационарных колебаний при совпадении частоты внешнего воздействия с определёнными значениями, характерными для данной системы [1].

Для линейных колебательных систем значения частот резонанса совпадает с частотами собственных колебаний, а их число соответствует числу степеней свободы[1]. Резонанс является одним из опаснейших явлений. Увеличение амплитуды — это лишь следствие резонанса, а причина — совпадение внешней (возбуждающей) частоты с собственной частотой тела. Программа Ansys позволяет произвести различные расчёты, в том числе нахождение резонансных частот тела.

Произведём расчёт панели управления. Первым шагом для нахождения резонансных частот будет выбор типа анализа, в данном случае модальный анализ “Modal” в таблице 1. Модальный анализ - это анализ собственных характеристик динамической системы, под которыми понимаются формы и частоты собственных колебаний. Собственные характеристики не зависят от внешнего воздействия на систему и определяются исключительно её жёсткостными и массовыми характеристиками.

На панели модального анализа представлены 7 пунктов расчёта:

Таблица 1

**Этапы решения и пункты расчёта**

№	Название
1	Модальный анализ (Modal)
2	Инженерные данные (EngineeringData)
3	Геометрия (Geometry)
4	Модель (Model)
5	Установки (Setup)
6	Решение (Solution)
7	Результаты (Results)

Таблица 2

**Характеристики материалов, используемых при расчёте**

№	Название материала	Коэффициент Пуассона	Модуль Юнга, ГПа	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>
1	Алюминиевый сплав	0,34	70	2700
2	Сталь	0,3	190	7800
3	Стеклотекстолит	0,09	71	1900

После выбора типа анализа необходимо задать материалы и их свойства, данная операция делается во вкладке “EngineeringData” которая располагается на панели модального анализа.

В данном расчёте используется 3 материала, алюминиевый сплав, сталь, стеклотекстолит. Для каждого из материалов были заданы: коэффициент Пуассона, Модуль Юнга и плотность

материала, данные характеристики представлены в таблице 2. Это основные характеристики материала необходимые для расчёта.

Далее проектируется модель устройства (рис.1).

Следующим шагом является разбиение 3D модели на элементы (рис.2). При создании “сетки” необходимо учитывать “сложность” геометрии деталей, а также размеры составляющих компонентов. Метод разбиения автоматический.

Для стеклотекстолитовой платы задаётся шаг сетки 5 мм, он обусловлен сложностью геометрии, так как в данном случае присутствуют много мелких отверстий.

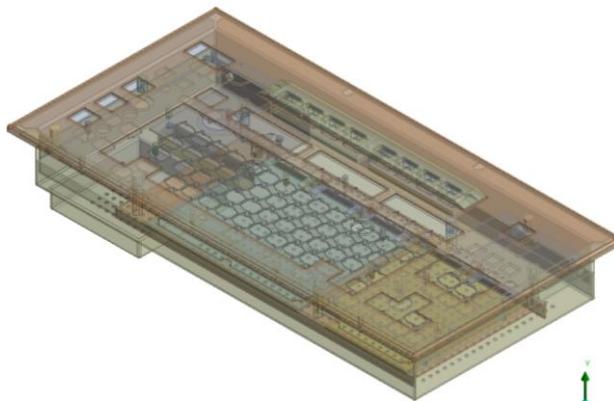


Рис.1 3D модель панели

По окончании разбиения модели можно переходить к следующему этапу: задание параметров модального анализа. Резонансные частоты изделия будут находиться в промежутке от 0 Гц до 500 Гц, а также будет искажаться 3 формы колебаний.

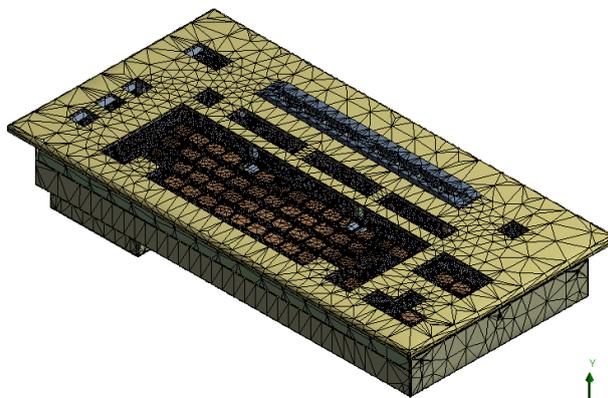


Рис.2 Элементная сетка

Во вкладке “AnalysisSettings” задаётся граница измерений и число форм колебаний, они указаны в таблице 3. “AnalysisSettings” находится в разделе “Modal”.

Таблица 3

**Параметры “AnalysisSettings”**

№	Параметр	Опции
1	Max Modes to Find	3
2	Limit Search to Range	Yes
3	Range Minimum	0, Hz
4	Range Maximum	500, Hz

В параметре “MaxModestoFind” указывается количество форм колебаний. При выборе “Yes” в параметре “LimitSearchtoRange” устанавливается необходимость в ограниченном поиске (появляется возможность задать границы поиска). “RangeMinimum” – нижняя граница поиска. “RangeMaximum” – верхняя граница поиска.

Далее задаются граничные условия, а именно места креплений изделия (рис.3). На рисунке 3 представлен вид на модель снизу, синим цветом выделены места закрепления.

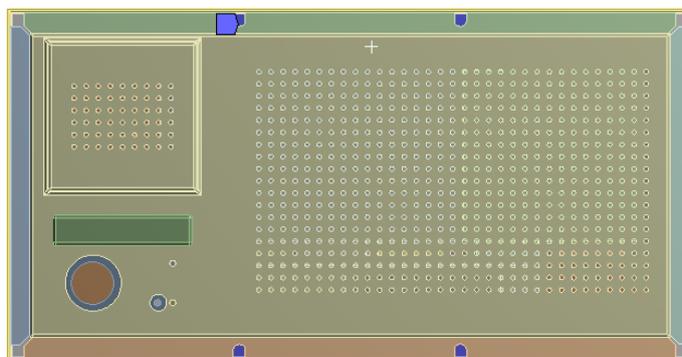


Рис.3- места креплений

Результатами расчёта являются данные, представленные в таблице 4, в ней указаны моды и частоты.

Таблица 4

**Результаты расчёта.**

№	Мода	Частота, Гц
1	1	312
2	2	432
3	3	435

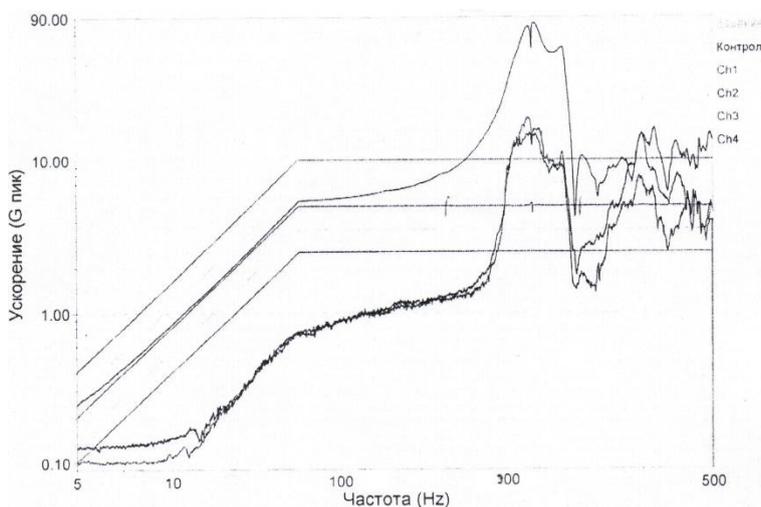


Рис.4 - результаты испытаний. Ch1-показания датчика установленного на стеклотекстолитовой плате, Ch2-показания датчика установленного на корпусе в правом углу, Ch3- показания датчика установленного на корпусе в правом углу, Ch4- показания датчика установленного на корпусе по центру

Теперь можно сравнить результаты расчёта с результатами испытаний (рис.4) данной панели на вибростенде.

На данном графике видно, что пиковые значения совпадают с расчётными.

Как видно результаты расчёта схожи с результатами испытаний. Таким образом, расчёты конструкции позволяет с высокой точностью найти слабые места в изделии, что позволяет выявить ошибки на этапе проектирования.

### Список литературы

1. Резонанс // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Москва: Большая Российская энциклопедия, 4. — С. 308. — 704 с. — ISBN 5-85270-087-8;
2. Ansys Программный продукт для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства [электронный ресурс].

## СОЗДАНИЕ МАКЕТА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ «УЗЕЛ ЗАГРУЗКИ ОТХОДОВ»

А.С. ТИХОНЕНКОВ, Н.В. РОМАНЦОВА

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

**Аннотация.** Статья содержит сведения о разработке макета системы контроля, измерения и управления «Узел загрузки отходов». В статье рассмотрены общие вопросы переработки отходов, рассмотрены основные преимущества ПЛК, сделан выбор целевой платформы для написания программного обеспечения под разрабатываемый макет и реализована система мониторинга оператора.

*Ключевые слова:* инсинератор, система, ПЛК, технологические параметры, мониторинг

Инсинерация – метод сжигания отходов при больших температурах. При использовании данного метода объемы отходов сводятся к минимуму: остается от 10 до 20 процентов от первоначального объема. Процесс протекает в специальном оборудовании – двухкамерном инсинераторе. Главной особенностью инсинератора является уничтожение отходов воздействием очень высоких температур: от 800 до 1300 градусов Цельсия. Благодаря обработке отходов высокими температурами достигается обеззараживание отходов. Полученный пепел в большинстве случаев не является угрозой для окружающей среды.

Камера загрузки – камера, с помощью которой отходы помещаются в печь. Камера должна быть сконструирована как герметичная конструкция, из которой мусор отправляется на первый этап переработки – в печь.

Загрузка мусора состоит из нескольких шагов: важно чтобы уже на этапе загрузки инсинератор начал работать в режиме, который соответствует переработке загруженному типу отходов. Во время загрузки выполняется контроль массы и объема мусора, который будет помещен в печь в соответствии с ее возможностями по утилизации. Отходы попадают камеру загрузки с транспортера.

Одной из важнейших частей инсинератора является блок управления, который включает в себя автоматику и множество датчиков. Для контроля важных технологических параметров необходимо использовать информационно-измерительную систему (ИИС). ИИС позволяет проводить измерения и контроль характеристик, отслеживать динамику изменений важных показателей и подавать управляющие сигналы во избежание возникновения чрезвычайных ситуаций.

Процесс измерения, контроля и управления должен происходить в режиме реального времени. Технологическими параметрами инсинератора выступают такие параметры как: температура сжигания, температура дожигания, масса отходов, скорость загрузки отходов, концентрация газовых смесей и так далее. Результат измерений, работы управляющих сигналов и сигналов состояний могут записываться в архив (например, в базу данных) для сохранения информации по отработке системы в течении всех рабочих циклов.

Помимо автоматического программного контроля за параметрами должна присутствовать система мониторинга важных характеристик для оператора. Система мониторинга ИИС обеспечивает оперативный контроль за важными параметрами и своевременную реакцию на отклонения показателей от нормального рабочего цикла. Для оператора системой мониторинга выводятся анализ отклонений, результат контроля и режим чрезвычайной ситуации в виде индикации, графиков или гистограмм. Для создания таких систем используются программируемые логические контроллеры.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) представляет собой специализированное управляющее устройство, которое приспособлено для использования в производственных условиях и программируемое на различных языках.

ПЛК имеет блочно-модульную конструкцию, которая позволяет пользователю собирать требуемую объективно-ориентированную конфигурацию путем добавления модулей в некоторый базовый набор модулей ввода-вывода.

Узел загрузки работает в трех режимах, которые определяются типом отходов, подготовленных к утилизации. Присутствует возможность регулировки скорости работы транспортера, а перед началом работы системы предусмотрена проверка всех технологических параметров на соответствие их значений.

После того, как отходы спрессованы в камере загрузки, они отправляются в печь, а все исполнительные механизмы узла загрузки отходов возвращаются в исходное положение. Схема узла загрузки показана на рис 1.

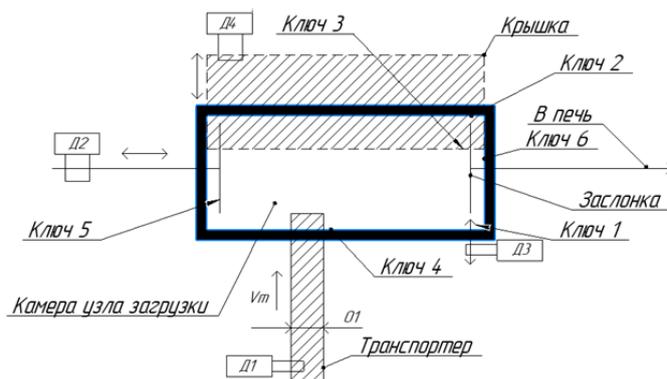


Рис.1 Схема узла загрузки отходов.

Каждый из компонентов узла загрузки имеет начальное состояние перед запуском системы. Для контроля положения используются концевые выключатели. КВ могут быть зажаты или отжаты.

Исполнительные механизмы тоже обладают двумя состояниями. Первое – в данный момент времени управление не выполняется. Второе – элемент включен и им выполняется управление. Граф состояний системы показан на рис. 2.

Целевой платформой для реализации макета системы контроля, измерения и управления «Узел загрузки отходов» был выбран ПЛК WAGO. Написание программы, отладка, загрузка и ее запуск производится из специальной программной среды под названием CoDeSys.

Одним из важнейших шагов в реализации безопасной работы системы – создания рабочего места, с которого присутствует возможность мониторинга работы узла загрузки отходов. Мониторинг работы системы предназначен для выполнения визуального контроля отработки исполнительных механизмов, отслеживания состояния технологических параметров и управление рабочим процессом. Оператор должен иметь возможность запускать систему, выбирать режим работы, отслеживать аварийные состояния и завершать работу системы.

При выполнении работы данный этап был реализован непосредственно средствами CoDeSys, а именно с помощью раздела «Визуализация». Данный раздел может использовать

переменные непосредственно из контроллера, коммуникация осуществляется тем же механизмом, что используется для самой системы программирования. Это сокращает инженерные затраты на реализацию визуализации, в диалоговом режиме представление визуализации происходит в режиме реального времени. Реализация системы мониторинга показана на рис. 3.

Индикаторы позволяют оператору вести своевременный контроль за происходящими событиями в рабочем цикле, а именно: наблюдать за отработкой исполнительных механизмов, проводить контроль этапов рабочего цикла и своевременно реагировать на возникновение тревоги при загрузке отходов.

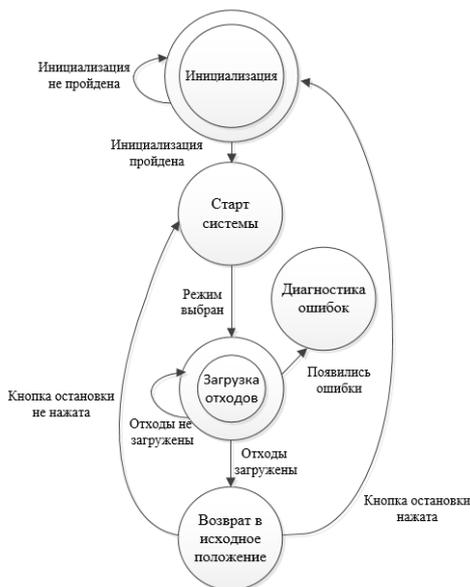


Рис.2 Граф состояний системы «Узел загрузки отходов»

В статье описана реализация макета системы контроля, измерения и управления «Узел загрузки отходов», который выполняет функции, представленные на рис. 2. Визуализация системы выполнена в среде CoDeSys и представлена на рис. 3.

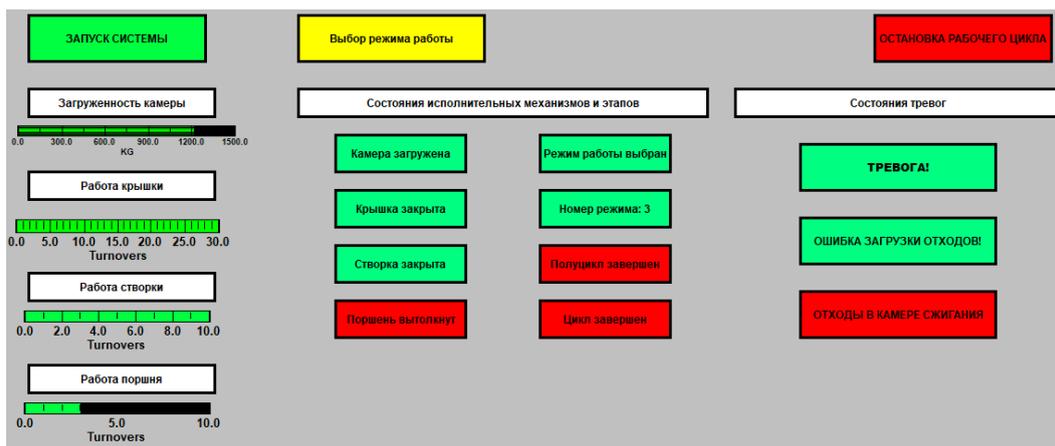


Рис.3 Система мониторинга в среде CoDeSys.

### Список литературы.

1. Тройников В.С. «Программируемые логические контроллеры»;
2. Руководство пользователя по программированию в ПЛК CoDeSys 2.3, редакция от 02.02.2006;
3. Визуализация CoDeSys. Дополнение к руководству пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3, редакция от 02.02.2006;
4. Богачева Т.М. «Расчет продуктов горения топлива в энергитических котлах и вредных выбросов в окружающую среду».

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ В РАЗРАБОТКЕ И УТОЧНЕНИИ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОСТИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ В ХОДЕ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ - АЭРОБИСТОВ**

К.Н. Болсунов, А.Д. Трошева

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

**Аннотация.** Работа ведется среди обучающихся СПбГЭТУ «ЛЭТИ», добровольно принимающих участие в эксперименте. Рассматривается возможность прогнозирования спортивных достижений в спортивной аэробике и применения некоторых математических аппаратов в данном ключе

*Ключевые слова:* биологическая обратная связь, спортивные достижения, прогнозирование спортивных результатов, Марковские процессы принятия решений

Инженер, решающий весь комплекс творческих задач, должен быть способным ставить значительные новые общественно полезные цели [1]. Работа ведется среди обучающихся СПбГЭТУ «ЛЭТИ», добровольно принимающих участие в эксперименте. Целью исследования является разработка новых экспериментальных методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов за счет адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи (БОС) [2]. Вид спорта – спортивная аэробика. Для внесения своевременных коррекций в планы подготовки, быстрого выявления причин успехов или неудач в конкретном соревновании, определения общей тактики подготовки для любого вида спорта необходимы четкие и полные знания о содержании и результатах соревновательной деятельности. За основу моделирования в спорте берут количественные оценки различных параметров исходного, промежуточного, конечного состояния спортсмена на пути к достижению запланированных результатов, определяющих принятие решений по управлению на основе сопоставления реальных и прогнозируемых характеристик спортсмена. Одно из определений спортивных достижений - это такой уровень успешности соревновательной деятельности в выбранном виде спорта, в ходе которой спортсмен (команда) превосходят прежние результаты и получают преимущество в ранговом ряду участников соревнований, конкурсов.

Вести речь о спортивных достижениях следует, когда спортсмен превосходит свой прежний результат, показанный до момента времени ранее. Заметим, не всегда занятые в конкурсах, соревнованиях места точно отражают уровень спортивных достижений, наличие или отсутствие состояния спортивной формы. Главным условием получения высоких спортивных достижений является формирование необходимого соревновательного потенциала. Одним из факторов, влияющих на величину соревновательного потенциала спортсмена, кроме предрасположенности спортсмена в выбранном виде спорта, является физическая, техническая, психическая подготовленность. В современном спорте не обойтись без новых технических решений и технологий, обеспечивающих должную подготовленность в соответствии с растущими требованиями.

Говоря о практической значимости исследования предполагается создание биотехнической системы адаптивного управления параметрами психофизиологического состояния спортсмена в выбранном виде спорта. Разработка модели эффективности достижений спортсменов – аэробистов, учитывающей динамику их психоэмоционального и психофизиологического состояния для прогнозирования спортивных результатов одна из задач, решаемых в ходе создания системы, основанной на знаниях. Спортивная аэробика – вид спорта, в котором

прогнозирование результата наиболее затруднено из – за оценки сложности и точности исполнения композиции. Будем иметь в виду прогнозирование не самоцелью, а средством оптимального планирования и управления подготовкой спортсменов к конкурсам и соревнованиям. На динамику и рост спортивных достижений влияет множество факторов, четко очертить границы влияния этих факторов затруднительно, следовательно любой прогноз не может гарантировать стопроцентную точность, однако снизить ошибку до минимума возможно, определив более или менее степень влияния отдельных факторов на результат и возможность изменения их. В этой связи особую роль играют динамическая оценка и коррекция психофизиологического состояния здоровья спортсмена по ходу реализации тренировочного процесса. Объектом исследования является система поддержки принятия решений при коррекции психофизиологического состояния спортсменов. В итоге предполагается создание комплекса аппаратно – программных средств, использующих метод биологической обратной связи, позволяющий повысить эффективность тренировочного процесса спортсменов в выбранном виде спорта. Биологическая обратная связь (БОС) – способ получения дополнительной информации о функционировании организма и его систем в доступной и наглядной форме.

Предполагается, что включение контура БОС позволит оптимизировать процесс коррекции состояния спортсменов, учитывая их индивидуальные особенности нервной системы, физиологическую норму. Одним из компонентов разрабатываемой системы будет база моделей поддержки принятия решений тренера, предоставляющая возможность оценки соревновательной готовности спортсменов и, желательно – возможность прогнозирования показателей тренируемости, обеспечивающих наилучшие спортивные результаты в выбранном виде спорта. Как уже сказано, прогнозирование в спортивной аэробике осложнено, но возможно. Одной из особенностей данного исследования является включение «играющего» тренера как звена, то есть дополнительная возможность влиять на процесс подготовки, используя его знания и мастерство, а так же, если можно так выразиться, «взгляд на функционирование процесса подготовки» изнутри. В свете уточнения набора математических аппаратов для решения поставленных задач как вариант предложим применить аппарат Марковских процессов принятия решений для вычисления конечной вероятности (в данной работе – неубыточности продуцирования композиций). Играющий тренер продуцирует новую композицию. После выпуска группы ребят –спортсменов на конкурсы, соревнования мы получаем следующие состояния:

S1 – композиция успешна (получают звания, сертификаты, дипломы, грамоты и т.п.);

S2 – композиция оказалась относительно неудачной;

Предположим, что играющий тренер с командой будет прокручивать (прогонять, пытаться заявляться и т. п.) в течении семестра (года) и они должны реагировать на то или иное состояние выбором стратегии, которую можно менять не чаще, чем один раз в год, например (какой –то промежуток времени). Очевидно, что вид той или иной стратегии зависит от того состояния, в котором композиция оказалась в начале текущего промежутка времени (года, квартала и т.п. – периода).

Пусть существует следующий набор мероприятий: стратегия 1; стратегия 2; ..., стратегия N.

Отметим возможность использования всех стратегий: при попадании в то, или иное состояние и стратегия 1, и стратегия 2...N (объединение стратегий).

Предполагая: детерминированность временного (-ных) интервала ( -лов) между шагами процесса считаем, что переходы из состояния в состояние образуют случайную последовательность:

- отсутствие поглощающих состояний (возможен любой переход), т.е. невозвратных состояний в цепи нет (эргодичность предполагаемой Марковской цепи). Свойство последствия и случайной последовательности переходов из состояния в состояние.

Что в результате предварительного опыта известны: прибыль (значение за период) – убыль = неполучение грамот, сертификатов, дипломов и т.п., которые связаны с применением той или иной стратегии и вероятностями успешного выполнения композиции;

Остается определить, получаем ли в данном случае эргодическую ДМЦ и можем ли расписать её для расчёта итоговой вероятности в таблицу:

Таблица 1

Состояния $i$	Стратегии	Вероятность перехода	Получение прибыли (сертификатов, грамот и т.п.)
---------------	-----------	----------------------	---

Заметим тогда, что значения переходных вероятностей ( $P_{i \rightarrow i+1} = f(S_i)$ ) такой цепи надо, то есть необходим учёт предыдущих:  $P_{i \rightarrow i+1} = f(S_i; S_{i-1}; S_{i+2})$ .

Сложность технического обеспечения не должна перевешивать основного показателя спортивной формы – спортивные результаты. В проводимом исследовании впервые используются новые экспериментальные методы повышения эффективности тренировочного процесса применительно для занимающихся спортивной аэробикой. Практическим результатом является получение званий, победы и занятие призовых мест с композициями спортивной аэробики испытуемыми во Всероссийских и Международных форматах конкурсов.

### Список литературы

1. Тутушкина М. К. Современная практическая психология: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. М. К. Тутушкиной. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 432 с;
2. Система поддержки принятия решений при коррекции психофизиологического состояния профессиональных спортсменов/ К. Н. Болсунов, А. Д. Трошева// Тезисы докл. 72-я Всероссийская НТК посвящённая Дню радио. СПб, 20 – 28 апреля 2017/ СПбГЭТУ «ЛЭТИ» СПб, 2017. С. 474 - 475.

## МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА БРИКЕТИРОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПО ПРИНЦИПУ ПИРОЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

М.Ю. Гляков, М.С. Шкиря

*Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва*

**Аннотация.** В статье описываются проблемы утилизации твердых бытовых отходов в России. Предлагается решение экологической проблемы с использованием мобильной системы брикетирования и переработки отходов на месте их накопления. Выносятся идея, по адаптации оборудования для брикетирования твердых бытовых отходов, к сложным климатическим условиям и эксплуатации в отдаленных от перерабатывающих предприятий районов, а также на морских судах.

*Ключевые слова:* утилизация твердых бытовых отходов, комплексное управление отходами, экологическая безопасность, пиролиз, брикетирование, морское судно

Россия занимает огромную территорию со значительным количеством небольших населённых пунктов, в которых перспектива цивилизованного решения проблем утилизации твёрдых бытовых отходов (ТБО) достаточна далека. Значительную долю ТБО составляют отходы пластмасс, которые, с одной стороны, являются ценным сырьём для вторичного

использования, а с другой – длительно разлагающимися материалами, существенно загрязняющими природную среду.

В России насчитывается более 14 тыс. крупных мусорных свалок общей площадью более 4 млн га. Согласно статистике Росприроднадзора, в 2016 году в стране скопилось 5 млрд 441,3 млн тонн различных отходов. Около 4-5% этого мусора сожгли или переработали. Остальные 95-96%, или 35 млн тон, вывезли на мусорные полигоны, легальные или стихийные свалки, где отходы будут гнить несколько веков [1].

Россия пока делает лишь первые шаги в этом направлении, и для получения ощутимых результатов могут потребоваться годы и даже десятилетия. За это время в отсутствие мусоросжигательных комплексов свалки могут разрастись до совершенно неприемлемых размеров, что повлечёт серьёзные последствия для экологии.

Основными сложностями при решении задач по утилизации ТБО являются отсутствие чёткой научно-обоснованной классификации отходов, необходимость использования сложного дорогостоящего оборудования и отсутствие экономической базы для обоснования конкретных решений. На территории России часто приходится транспортировать отходы на большие расстояния. Для решения этой проблемы создаются станции временного хранения отходов, от которых мусор будет вывозиться по железной дороге или большими по грузоподъёмности машинами [2].

Также актуальна проблема сохранения здоровой экологической обстановки на акватории Мирового океана. ТБО на морских судах подвергаются утилизации согласно нормативам, приведенным в Приложении V Конвенции МАРПОЛ 73/78 [3]. Сброс бытовых отходов в море разрешен за пределами 12 миль на ходу судна вне особых районов, а сепарационные, обшивочные и упаковочные материалы разрешены к сбросу за пределами зоны в 25 миль.

Каждое судно длиной более 12 м должно быть оборудовано плакатами, извещающими экипаж судна и пассажиров о требованиях по сбору мусора. Любое судно валовой вместимостью более 400 и каждое судно, сертифицированное для перевозки более 15 человек, должно иметь и выполнять план операций с мусором. План операций с мусором разрабатывается в соответствии с Руководством, принятым резолюцией МЕРС 70/38 от 10.07.1996 г [4].

Для России, все, что связано с твердыми бытовыми отходами имеет актуальное значение. Страна – крупнейшая морская и речная держава. Отходы с судов представляют большую опасность экологии открытого океана и прибрежных районов.

Пластмассовые изделия категорически запрещено сбрасывать в море в любых зонах. Этот вид мусора обладает плавучестью и долго разрушается в естественной среде, засоряя водное пространство. Подобного рода мусор, а именно: упаковочные материалы на основе полимеров, элементы судовых конструкций, рыболовные принадлежности и т.д., необходимо собирать отдельно от других отходов в специально отведенные контейнеры и сдавать в портах либо подвергать утилизации и переработке на месте.

Основным результатом загрязнения акваторий, является большое тихоокеанское мусорное пятно, которое более чем на 80 % состоит из пластиковых отходов. В результате исследований выявлено, что в мусорном пятне содержится примерно 80 тысяч тонн пластика, которые в сумме занимают площадь около 1,6 миллионов квадратных километров.

Способы утилизации мусора на судне сводятся к двум основным принципам: сжиганию и измельчению. Наибольшее распространение на судах получил термический способ утилизации мусора посредством его сжигания в инсинераторных установках, что особенно актуально для судов, совершающих длительные рейсы. Недостатками инсинератора являются вредные выбросы в атмосферу, что не позволяет использовать данное устройство в порту, а также высокая пожароопасность, связанная с большими температурами и давлением выше нормального.

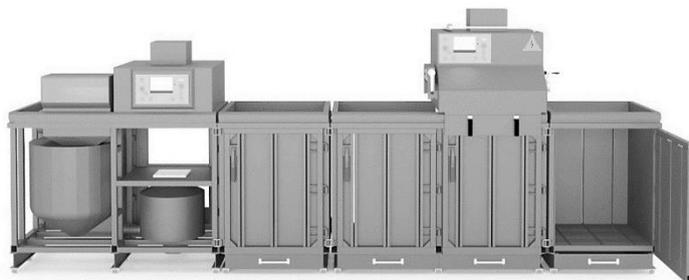
В настоящее время не существует единой системы утилизации ТБО на территории Российской Федерации. Проблема утилизации твердых бытовых отходов весьма насущна и требует

передовых решений. Брикетирование отходов жизнедеятельности позволяет уменьшать объем твердых бытовых отходов и упрощает процесс транспортировки мусора. Утилизация, переработка и брикетирование ТБО на месте их накопления позволит сэкономить значительное количество финансовых средств, которые используются для вывоза и переработки отходов на специальных полигонах.

Предлагается использовать систему утилизации и переработки твердых бытовых отходов, позволяющую осуществить сортировку, уплотнение ТБО и переработку полимерных отходов в населенных пунктах различного типа, на морских судах, в полевых лагерях и др. местах постоянного и временного проживания, которые являются потенциальными источниками формирования различных видов отходов. В настоящее время эти отходы просто хоронятся под землю или выбрасываются в открытый океан, что несет огромную экологическую проблему в будущем [5].

Актуально применение мобильной системы переработки ТБО в России [6] подтверждается и на государственном уровне, 2017 год был проведен, как год Экологии, одной из основных задач являлось пролить свет на проблемы загрязнения окружающей среды и сохранения природы в целом. С 1 января 2019 года в силу вступил закон о «Мусорной реформе», в котором говорится, что полигон для сбора и утилизации мусора должен находиться от населенного пункта на расстоянии не менее 50 км, а также проводить сортировку отходов на площадке их накопления [7].

Предлагаемая система утилизации твердых бытовых отходов отличается компактными размерами и функциональностью, она состоит из системы сортировки и уплотнения различных видов отходов, работающей от электросети, от механического привода и автономно, а также из системы переработки полимерных отходов, позволяющей производить штучный строительный материал, такой как тротуарная плитка, кровельная черепица, стеновые блоки и др. [8].



*Рис. 1. Общий вид мобильной системы утилизации ТБО*

Система переработки полимерных отходов, состоит из бункера-дозатора, емкости для перемешивания, экструдера, формовочной площадки, и вибропресса для формования изделий, оборудованного панелью управления, отличающийся тем что, модуль оснащен измельчителем полимерных отходов, соединительной нагревательной трубкой, регулируемые по высоте роликами, установленными на раме установки, при этом в модуле отсутствует ленточный конвейер и модуль подачи поддонов (Рис. 1).

Компактность и мобильность системы исключают потребность в больших площадях и позволяют размещать ее без специально подготовленных под нее оснований, так же предполагается возможность установки системы сортировки и уплотнения из четырех камер и системы переработки полимерных отходов в специальный 20 - футовый контейнер, что позволяет перевозку данной системы любым видом транспорта.

Отличительными особенностями от всех имеющихся аналогов является компактность, универсальность, мобильность установки. Системы упаковки позволяют упаковать брикет полипропиленовой лентой или полиэтиленовой пленкой, специальные усиленные ролики

позволяют свободно перемещать установку, а измельчитель ТБО, совместно с емкостями для сбора жидкости позволяют удалить жидкость из отходов, что сводит к минимуму трудозатраты оператора. Предлагаемая система высокоэффективна, так как может состоять из неограниченного количества модулей небольшого размера 940x890x2400мм (ДxШxВ), транспортировка которых осуществляется на любой транспортной платформе. Сортированные по качественному составу отходы, с возможностью вторичного использования, можно утилизировать на предприятиях с получением прибыли, а произведенный штучный строительный материал (тротуарная плитка, кровельная черепица, стеновые блоки и др.) использовать для проведения отделочных работ и косметического ремонта [9].

Применение мобильной системы утилизации ТБО в различных условиях позволит осуществлять следующие технологические решения:

1. Брикетировать отдельный вид ТБО в специальном пресс-упаковщике. Полученные брикеты проще транспортировать и складировать в местах сбора и накопления отходов, а также в последствии и их переработки.

2. Переработка ТБО по принципу пиролиза позволяет извлекать тепловую энергию и ценные продукты из отходов, практически не загрязняя при этом природную среду. Синтетическое топливо, полученное методом пиролиза, может быть использовано для заправки установки утилизации ТБО и возможности ее автономной работы.

3. Производство штучного строительного материала (тротуарная плитка, кровельная черепица, стеновые блоки и др.) позволит его использование для выполнения различных строительных работ.

Использование мобильной системы утилизации ТБО наиболее рационально для регионов где регулярно возникают проблемы с вывозом отходов в места их переработки и захоронения, а также на морских судах.

### Список литературы

1. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка – Москва: Фаир-пресс, 2002. – 336 с;
2. Шубов Л. Я., Ставровский М. Е., Олейник А. В. Технология твёрдых бытовых отходов: учебник – Москва: Альфа-М: ИН-ФА-М, 2011. – 400 с;
3. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. к ней, с поправками (Консолидированный текст 2004 г.) - MARPOL 73/78 = International Convention for Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, as ammended (Consolidated text 2004) - MARPOL 73/78. Книги I и II. ~ СПб., ЗАО ЦНИИМФ, 2005. - 768 с;
4. <http://www.morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=64521> (дата обращения 15.04.2019);
5. Бабич М.Е. Возмещение вреда окружающей среде: действующее регулирование и законотворческие инициативы // Справочник эколога. 2016. № 9. С. 50–61;
6. Патент РФ № 181760, 26.07.18. Гляков М.Ю. Смяян М.А., Тихонов А.Д., Гольцин Р.О. Многокамерная мобильная система для сортировки и уплотнения различных видов отходов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва». – № 2017112202; заявл. 12.04.18;
7. Федеральный закон от 31 декабря 2017 г. № 503-ФЗ “О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты Российской Федерации”;
8. Гляков М.Ю. Смяян М.А., Тихонов А.Д. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов в частях Вооруженных сил Российской Федерации. Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации: сборник научных трудов/СПб: Изд-во Политехнического университета, выпуск 1(7) 2018. С. 183-192;
9. Гляков М.Ю. Смяян М.А., Тихонов А.Д., Гольцин Р.О. «Модульная система утилизации и переработки твердых бытовых отходов воинских подразделений». Материалы VI научно-практической конференции «Наука настоящего и будущего» СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) СПб 2018. С. 374-375.

## БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

### ASSAY OF ACTIVIN A AND INHIBIN A AS PREDICTORS FOR PREECLAMPSIA AMONG UGANDAN WOMEN AT MULAGO NATIONAL REFERRAL HOSPITAL

CALVIN ABONGA, ZOE SEKYONDA MATOVU BRIAN

#### Chapter one: Overview

##### Introduction

Preeclampsia and eclampsia are the second leading cause of maternal mortalities, worldwide every year over 76,000 women and 500,000 babies die. [1,] Preeclampsia is a pregnancy complication that develops in women during pregnancy and can result in serious or fatal complications for both mother and unborn child. Preeclampsia is known to be a multisystem disorder characterized by hypertension (above 140/90mmHg) and proteinuria ( $\geq 0.3\text{g/d}$  in 24 hour urine collection) in pregnant women who are usually beyond 20 weeks of gestational age. Preeclampsia can impair kidney and liver function, cause blood clotting problems, pulmonary edema, seizures and in sever forms or left untreated, maternal and infant death. [2] It leads to reduced blood flow to the mother's placenta, restricting the supply of food to her baby, this can impact short and long-term effects on the fetus like intrauterine growth restriction, acidosis, fetal morbidity, death and preterm birth.

Worldwide, preeclampsia is responsible for up to 20% of the 13 million preterm births each year. Pre-eclampsia affects 2-10% of the women and 0.03-0.05% of these women worldwide are affected by eclampsia [4, 5]. Preeclampsia has thus remained a significant public health threat in both developed and developing countries as WHO estimates show that the incidences of preeclampsia are seven times higher in resource limited countries (2.8% of live births) than in developed countries (0.4%) [6]

In resource limited countries particularly in Sub-Saharan Africa where maternal services including prenatal care are limited [7], the prevalence of preeclampsia in these countries reaches up to 16.7% and it is estimated to account for about 40% to 60% of maternal deaths[8]. The present high rates of fertility of about 6.7 births per woman in most low-resource countries, like Uganda, with an environment of poor access to quality maternal and neonatal care, has continued to expose mothers and infants to a high risk of death from pregnancy related causes inclusive of preeclampsia. According to Dr. Kiondo (MChB, PhD), an Obstetrician and Gynecologist of Mulago National referral Hospital, reports that at Mulago Hospital labor ward, about 3 to 4 women with preeclampsia are admitted daily and this constitutes 8.2% of the admissions and, severe preeclampsia/eclampsia contributes 17.6% of near misses and 21% of maternal mortality.

Antepartum diagnosis of preeclampsia is based on a series of symptoms that occur especially during after 20 weeks of gestation. When not detected earlier, preeclampsia results in severe preeclampsia which is normally called eclampsia and is characterized by convulsions and the only recommended cure for it according to WHO is the termination of pregnancy. The majority of deaths related to hypertensive disorders can be avoided by providing timely and effective care to women presenting with such complication[3]. Thus, optimization of health care for women during pregnancy to prevent and treat hypertensive disorders of pregnancy is a necessary step towards achievement of the Sustainable Development Goals.

##### Problem Statement

The early symptoms of preeclampsia include hypertension and increased proteinuria or excess protein in the urine of a pregnant woman, [4-6] Because of the subtlety of these symptoms, women are often unaware of their complication unless they receive routine prenatal care or their undiagnosed

preeclampsia develops into a more severe and often life-threatening complication. In low and middle-income countries like Uganda, the average woman attends one prenatal care visit when she first realizes she is pregnant and does not return to receive health care until it is time for her to give birth or she is experiencing severe health problems. The ongoing mortality from preeclampsia and eclampsia exemplify the health disparity between high-income countries where women have access to adequate prenatal care and low-income countries where women routinely die from preventable causes [7]

Currently, the leading innovations in preeclampsia diagnostics are improvements on the clinical diagnosis, which is important but operates within the existing framework that assumes that women are regularly accessing prenatal care. From our research and understanding of the problem in Uganda, we know that women in many low-resource settings are unable to access routine prenatal care visits due to several factors, but the most common ones are like lack of resources in health centers and literacy on prenatal care visits

### **Study Justification**

The need for fast discrete and accurate point of care early screening test for preeclampsia that allows early detection of Preeclampsia before its severity, to ensure timely diagnosis which is essential for successful clinical management remains a big concern in worldwide. Preliminary data indicated that inhibin A and activin A proteins synthesis and secretion in urine are increased several folds in women with Preeclampsia than women with normal pregnancies. This magnitude of rise suggested that these proteins could have elevated in patients before the onset of the clinical symptoms of preeclampsia, our finding concurred with existing Literature.

This study will be aimed at finding out the threshold cut off value for preeclampsia biomarkers Activin A and Inhibin A, i.e. at what urinary concentration of Activin A and Inhibin A can we say that these pregnant women have preeclampsia. This results from this study will help to streamline the development of urine-based point of care early screening test strip for preeclampsia. The proposed test strip will give the pregnant women a binary output, either positive indicating the development of preeclampsia or elevated risk of preeclampsia, or negative indicating a normal pregnancy or low risk of developing the complication. Early diagnosis of this preeclampsia may ease the change of the result of pregnancy by expanding the checking of the malady with early beginning of suitable remedial intercessions.

### **General Objective**

To determine what urine concentrations of inhibin A and activin A are indicative of development of preeclampsia or elevated risk of preeclampsia in pregnant women at Mulago National referral Hospital.

### **Specific Objective**

1. To determine the urinary concentrations of activin A and inhibin A in the different gestation periods
2. To determine the threshold values of inhibin A and activin A biomarkers in the urine of pregnant women developing preeclampsia
3. To determine the Specificity and Sensitivity of Activin A and Inhibin A tests in urine samples

## **Chapter two: Methodology**

### **Study Design**

This will be a Nested Case Control study within a cohort of Pregnant women that come for antenatal care at Mulago National Referral hospital. Quantitative data collection methods will be used to determine the levels of urinary Activin A and Inhibin A concentrations that are indicative of preeclampsia. At the beginning of the cohort study, the pregnant women members of the cohort will be assessed for risk factor as according to Paul Kiondo 's model of risk factors for Preeclampsia. Cases will be selected at the time they develop the complication and control group will be selected from the *risk set* ie cohort members who do not meet the case definition.

### **Study Settings**

The study setting will be conducted at Mulago National Referral hospital in the department obstetrics and gynecology located at Kawempe KCCA. Mulago Hospital is a national referral hospital and teaching hospital for Makerere University with a 1500 bed capacity and located in Uganda's capital city, with a 4.5km distance from the city Centre. The Department of obstetrics and gynecology makes up the entire 5th floor of New Mulago as well as a few buildings up in Old Mulago. The labour suit runs daily having and on average there are about 60-70 deliveries a day, 30,000 a year of which approx. 20-25 are caesarian sections.

### **Study Population**

The study population will include specifically pregnant women who come for antenatal visits at Mulago National Referral hospital but assessed to be at high risk of development Preeclampsia.

### **Data Collection Tool**

Demographic information will be collected through patient charts following their visit to Mulago Hospital and oral interviews conducted and recorded by a member of the nursing staff or research team. Clinical and obstetric information of the subjects will be registered through questionnaire. The variables studied in this questionnaire included maternal age, blood pressure reading and urinalysis test results for every visit and gestational age at time of developing the complication. The urine sample left by the patient during their visit will be analyzed in the laboratory by a member of the research team using the Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method. The different levels of activin A and inhibin A at different gestation period and the levels that are indicative of preeclampsia will be determined and quantified.

### **Ethics Considerations**

- Permission will be sought from the department of obstetrics and gynecology MNRH.
- Ethical approval will be obtained from School of Biomedical Sciences Higher Degree Research Ethics and Mulago Hospital Research and Ethics Committee.
- Informed consent will be obtained from all participants before recruitment into the study. Individuals enrolled into the study shall be assured of confidentiality and their participation will be voluntary. They have a right to refuse or withdraw from the study at any given time of their choice.
- The outcomes from the study will be shared with the individual patients.

### **References**

1. Duley, L. The global impact of pre-eclampsia and eclampsia. in *Seminars in perinatology*. 2009. Elsevier;
2. Khan, K.S., et al., WHO analysis of causes of maternal death: a systematic review. *The Lancet*, 2006. 367(9516): p. 1066-1074;
3. Campbell, O.M., W.J. Graham, and L.M.S.S.s. group, Strategies for reducing maternal mortality: getting on with what works. *The Lancet*, 2006. 368(9543): p. 1284-1299;
4. Sidani, M. and S.M. Siddik-Sayyid, Preeclampsia, a new perspective in 2011. *Middle East J Anesthesiol*, 2011. 21(2): p. 207-214;
5. Kiondo, P., et al., Risk factors for pre-eclampsia in Mulago Hospital, Kampala, Uganda. *Tropical Medicine & International Health*, 2012. 17(4): p. 480-487;
6. Trogstad, L., et al., Previous abortions and risk of pre-eclampsia. *International journal of epidemiology*, 2008. 37(6): p. 1333-1340;
7. Wandabwa, J., et al., Risk factors for severe pre-eclampsia and eclampsia in Mulago Hospital, Kampala, Uganda. *East African medical journal*, 2010. 87(10);
8. Xiong, X., et al., Periodontal disease and adverse pregnancy outcomes: a systematic review. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 2006. 113(2): p.

## АНАЛИЗ-СРАВНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСНЫХ МИКРОСХЕМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРТАТИВНЫХ КАРДИОГРАФОВ

Б.Э. АЛЕКСЕЕВ

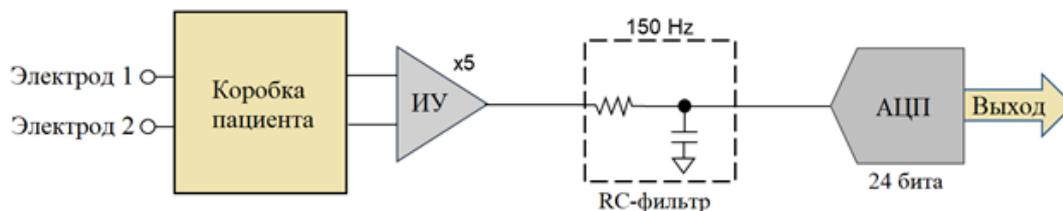
*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация** В данной работе мы провели сравнение интерфейсных микросхем для регистрации биопотенциалов от ведущих производителей. Была рассмотрена структура интерфейса портативных кардиографов и подготовлена сравнительная таблица характеристик микросхем от Analog Devices, Texas Instruments и Maxim Integrated, предназначенных для регистрации сигнала электрокардиограммы. Также перечислены все уникальные особенности микросхем. Наконец, с использованием одной из рассмотренных микросхем был зарегистрирован сигнал ЭКГ, качество было улучшено средствами цифровой фильтрации и проведено сравнение с результатом, полученным на сертифицированном приборе Biopack.

*Ключевые слова:* интерфейсная микросхема, электрокардиограмма, кардиограф, сравнение, цифровая фильтрация, анализ сигналов, обработка сигналов.

### Введение

Развитие микроэлектроники и распространение портативных устройств привело к увеличению популярности носимых кардиографов. Речь идет как о приборах медицинского применения (например, Холтеровские мониторы и кардиографы карет скорой помощи), так и личных устройствах для мониторинга ЭКГ пациентом. В подобных изделиях портативность должна сочетаться с чертами, присущими медицинскому оборудованию: низкое энергопотребление, высокая точность и надежность, малый размер.



*Рис. 1. Интерфейсная микросхема на базе сигма-дельта АЦП.*

Все вышеперечисленные требования могут быть удовлетворены только при использовании наиболее современной и эффективной элементной базы. Последним трендом в разработке портативных кардиографов является применение интерфейсных микросхем на базе сигма-дельта АЦП. Структурная схема канала регистрации подобного решения представлена на рисунке 1.

В сравнении с традиционными интерфейсами кардиографов заметно значительное уменьшение аппаратных блоков, что уменьшает как стоимость, так и энергопотребление изделия. Применение сигма-дельта АЦП позволяет отказаться как от многокаскадного усиления, так и от применения сглаживающего фильтра высокого порядка, поскольку сам АЦП обладает свойствами фильтра нижних частот.

В данной статье предлагается сравнение интерфейсных микросхем от ведущих производителей и делаются выводы о плюсах и минусах их использования.

### Особенности микросхем

Проведенный анализ рынка показал, что все ведущие производители имеют в своем ассортименте интерфейсные решения для регистрации биологических потенциалов. Некоторые особенности свойственны всем микросхемам:

- Электростатическая защита;

- Определение контакта электродов;
- Низкие шумы, высокие линейность и входное сопротивление;
- Высокий коэффициент подавления синфазной помехи (КПСП);
- Программируемое усиление ИУ;
- АЦП высокого разрешения;
- Низкое энергопотребление.

Texas Instruments предлагает семейство микросхем с различным числом каналов регистрации. Для нашей работы был выбран ADS1292R.

Все семейство обладает следующими параметрами:

- Встроенный тактовый генератор;
- Возможность цифрового обнаружения водителей ритма.

Главной отличительной чертой MAX30003 от Maxim Integrated является низкое энергопотребление и широкие возможности по его дальнейшему уменьшению.

- Встроенное аппаратное обнаружение сердечного ритма с использованием адаптированного алгоритма Пана-Томпкинса, что позволяет не нагружать микроконтроллер;
- Требование внешнего осциллятора с частотой 32.768 кГц для тактирования сигма-дельта АЦП.

Analog Devices, в отличие от предыдущих производителей, в микросхеме ADAS1000 используют АЦП с разрешением всего 14 бит, но частотой дискретизации в 2.048 МГц. После обработки передискретизированного в 1024 раза сигнала, эффективное разрешение сравнимо с конкурентами.

- Встроенное обнаружение водителей ритма;
- Гибкое управление соотношением шум/энергопотребление, где шум может быть уменьшен ценой возросшего потребления.

Другое решение от Analog Devices, AD8232, представляет собой интегрированную аналоговую часть интерфейсной микросхемы.

Главной особенностью является транскондуктивный ИУ, выполненный на двух усилителях тока, что позволяет достичь высоких показателей КПСП.

Качественный сигнал может быть получен без применения дополнительных фильтров.

Основные характеристики сравниваемых микросхем сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнение основных характеристик рассматриваемых интерфейсных микросхем

	<b>ADS1292R</b>	<b>ADAS1000</b>	<b>MAX30003</b>	<b>AD8232</b>
Производитель	Texas Instruments	Analog Devices	Maxim Integrated	Analog Devices
Количество каналов	2	5	1	1
КПСП	<b>120 дБ</b>	105 дБ	100 дБ	80 дБ
Энергопотребление	335 мкВт/канал	До 21 мВт	<b>240 мкВт/канал</b>	170 мкА
Усиление	1, 2, 3, 4, 6, 8 или 12	1.4, 2.1, 2.8 или 4.2	<b>20 до 160</b>	100
Разрешение АЦП	<b>24</b>	До 19	18	Внешний АЦП
Частота дискретизации	125 .. 8000 Гц	2, 16, 128 кГц	От 125 до 512 Гц	Внешний АЦП
Соотношение сигнал/шум	<b>107 дБ</b>	100 дБ	77.2 ( $K_y = 20$ ) 96.5 ( $K_y = 160$ )	Внешний АЦП
Right Leg Drive	<b>Да</b>	<b>Да</b>	Нет	<b>Да</b>
Интерфейс	SPI	SPI	SPI	Аналоговый выход
Стоимость*	8.24\$	31.69\$	5.46\$	<b>3.19\$</b>

\*Цены ресурса Octopart на февраль 2019 года (<https://octopart.com>)

### Эксперимент с тестовым генератором

Для экспериментальной части работы предлагается регистрация и последующая обработка сигнала с человека, полученного с применением официальной платы с микросхемой MAX30003.

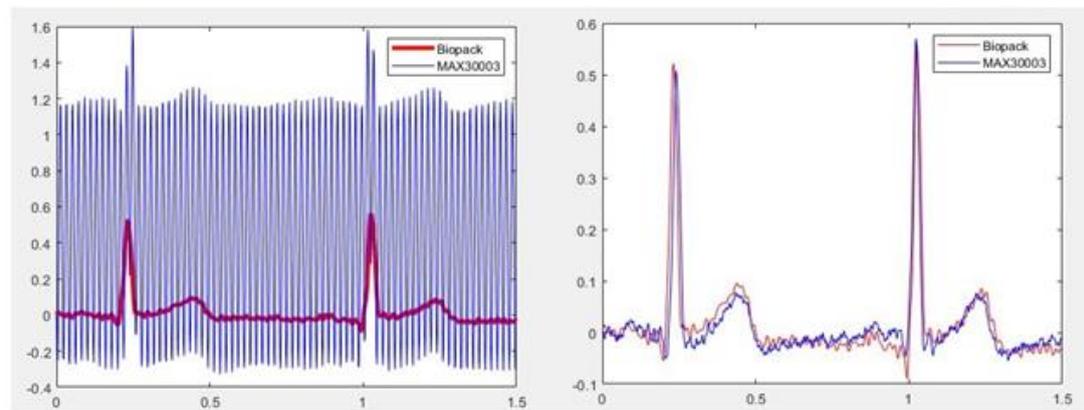


Рис. 2. Фрагмент зарегистрированного сигнала ЭКГ

В качестве эталона сигнал одновременно регистрировался сертифицированным Biopack MP36. Это высококачественная модульная система для регистрации самых распространенных биологических параметров, предназначенная для использования в учебных и научных целях. Заявленные характеристики при регистрации сигнала ЭКГ: разрешение АЦП 24 бита, отношение сигнал/шум не менее 89 дБ, КПСП не менее 110 дБ, встроенный цифровой режекторный фильтр на 50 Гц.

Частоты дискретизации – 500 для Biopack, 512 у MAX30003. Все фильтры отключены (где предоставляется соответствующая возможность). Сигнал регистрировался в течение 60-70 секунд на каждом из приборов.

На рисунке 2 представлено сравнение участков полученного сигнала до применения цифровой фильтрации (режекторный фильтр 50 Гц) к сигналу MAX30003 (слева) и после. Предварительно сигналы были нормализованы и синхронизированы по времени.

### Выводы

Эксперимент показал большой потенциал интерфейсных микросхем для разработки портативных кардиографов. После простой фильтрации режекторным фильтром качество получаемого с MAX30003 сигнала стало на уровне системы Biopack. Каждая из рассмотренных микросхем обладает своими преимуществами и недостатками.

ADAS1000 располагает самым большим числом каналов для регистрации (стоит отметить, что в семействе ADS129x есть решения до 8 каналов с большими ценой и энергопотреблением, чем у ADS1292R). Также поскольку реальная частота АЦП намного выше, чем у конкурентов, существует возможность получать сигнал на частоте до 128 кГц, но с меньшей точностью.

Семейство ADS129x предлагает наибольшую точность среди предложенных решений: наибольшие показатели КПСП, соотношения сигнал/шум и 24-битный АЦП. Также преимуществом является встроенный осциллятор.

MAX30003 имеет самое низкое энергопотребление, что было достигнуто ценой меньших КПСП, соотношения сигнал/шум, частоты дискретизации и разрядности АЦП. К сожалению, в угоду низкому энергопотреблению, разработчики отказались от Right Leg Drive, что может оказать значительное влияние на зашумленность сигнала в некоторых ситуациях. Однако, аппаратная реализация алгоритма Пана-Томпкинса не только уникальна для данного класса микросхем, но и позволяет дополнительно экономить энергию на дальнейшей обработке. Также не стоит забывать о наименьшей среди конкурентов стоимости микросхемы.

Наконец, AD8232 по смыслу является дальнейшим развитием инструментального усилителя. Результатом стало появление собственных стабилизаторов питания, Right Leg Drive, электростатическая защита и другие полезные особенности.

### 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), стр. 710 – 716;
2. Liang-Yu Shyu, Chia-Yin Chiang, Chun-Peng Liu<sup>1</sup>, and Wei-Chih Hu, “Portable Impedance Cardiography System for Real-Time Noninvasive Cardiac Output Measurement”, *Journal of Medical and Biological Engineering*, 20(4), 2000, стр. 193-202;
3. A. Bansal and R. Joshi, “Portable out-of-hospital electrocardiography: A review of current technologies”, *Journal of Arrhythmia*, 34(2), 2018, стр. 129–138;
4. H. Islam Chowdhury, M. Sultana, R. Ghosh, J. Ahamed, and M. Mahmood, “AI Assisted Portable ECG for Fast and Patient Specific Diagnosis”, *International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering* (2018);
5. V. Choudhari, V. Dandge, N. Choudhary, and R. G. Sutar, “A portable and low-cost 12-lead ECG device for sustainable remote healthcare”, *International Conference on Communication Information and Computing Technology* (2018);
6. E. Nemati, M. Deen, and T. Mondal, “A wireless wearable ECG sensor for long-term applications”, *IEEE Communications Magazine*, 50(1), 2012, стр. 36–43;
7. K. Soundarapandian, M. Berarducci, “Analog Front-End Design for ECG Systems Using Delta-Sigma ADCs”, *Application Report SBAA160A–March 2009–Revised April 2010*;
8. A. B. Jani, R. Bagree, and A. K. Roy, “Design of a low-power, low-cost ECG & EMG sensor for wearable biometric and medical application”, *IEEE SENSORS* (2017).

## ОЦЕНКА СПАДА САТУРАЦИИ КРОВИ КИСЛОРОДОМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СИГНАЛА СПИРОГРАММЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ

В.С. БЕЛОВ, Ю.А. ЖИВОЛУПОВА

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

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются методы моделирования спада сатурации крови кислородом на основе характеристик сигнала спирограммы для пациентов, страдающих тяжелой формой апноэ сна. В работе рассмотрены модели Gradient Boosting и нейронной сети, приведены результаты применения различных подходов к построению стратегии тестирования моделей для предотвращения их переобучения. Сравнительный анализ стратегий показал целесообразность обучения индивидуальных моделей для каждого пациента. При таком подходе значения корреляций Спирмена между предсказанными и действительными значениями целевой переменной для модели Gradient Boosting для каждого из четырех пациентов оказались равны 0.790, 0.860, 0.626, 0.644. Худшие значения метрик были получены для схемы тестирования на отложенных выборках, в качестве которых выступали данные от одного пациента, не участвующие в этапе обучения.

*Ключевые слова:* спирограмма, сатурация, нейронные сети, моделирование, gradient boosting, support vector regression.

### Введение

Обструктивное апноэ сна (ОАС) – это распространенное заболевание, при котором человек испытывает затруднения при респираторном маневре ввиду механического сужения дыхательных путей во время сна [1]. Как следствие, приступы апноэ вызывают снижение сатурации кислорода в крови (SpO<sub>2</sub>), что, в свою очередь, может привести к необратимым метаболическим последствиям, множественным сердечно-сосудистым заболеваниям и нейрокогнитивным расстройствам [1-4]. Для пациентов, страдающих тяжелой формой ОАС и находящихся на амбулаторном наблюдении, важно отслеживать уровень сатурации крови во время сна, чтобы оперативно предоставить специализированную помощь, компенсировать

недостаток кислорода или активности респираторного маневра и, таким образом, предотвратить развитие негативных последствий ОАС. Однако самый доступный и распространенный способ мониторинга сатурации крови – пульсоксиметрия [5] – может подвести в тех случаях, когда пациент непроизвольно двигает конечностью, с которой происходит съем сигнала [6]: из-за неплотного контакта кожи и датчиков сигнал может испытывать помехи или не предоставлять необходимую информацию вовсе, что может быть критичным для контроля состояния больных тяжелой формой ОАС.

Целью данной статьи является сравнительный анализ трех стратегий обучения и построения моделей оценки падения сатурации крови на основе параметров синхронно регистрируемой спирограммы: k-fold shuffle split [7] для полного набора данных, валидации по отложенной выборке, которая включает данные одного пациента пациента, и обучения и тестирования индивидуальной модели на основании данных каждого пациента в отдельности.

### Методы

В работе использовались четыре пары синхронизированных сигналов спирограммы и сатурации крови для различных пациентов, страдающих тяжелой формой ОАС, предоставленных ИКТ «ИНКАРТ». Для сигнала спирограммы участки обструкций были предварительно размечены специалистом. Частота дискретизации 250 Гц, длительность записи от 6 до 9 часов. Пример пары сигналов с эпизодами апноэ изображен на рисунке 1. Спирограмма содержит участки обструкции и предшествующие им участки респираторной активности, на сигнале сатурации отражено падение уровня SpO<sub>2</sub> после эпизодов обструкции.

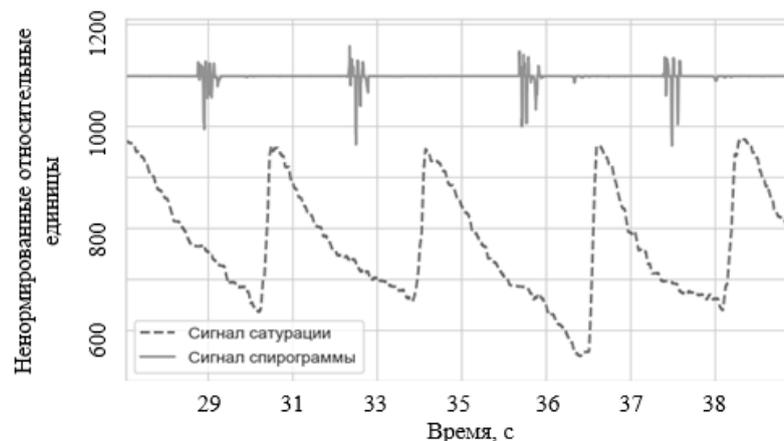


Рис. 1. Участок синхронных сигналов спирограммы и сатурации

Первым этапом являлся анализ записей спирограммы с целью определения и расчета метрических и интервальных информативных признаков, на основании которых будет сформирована модель оценки спада уровня SpO<sub>2</sub>. Анализ сигналов сатурации заключался в поиске локальных экстремумов каждой волны в рамках скользящего окна. Для детектированных точек экстремумов (максимумов и минимумов волны сатурации) были рассчитаны значения размахов каждой волны, которые составили вектор целевой переменной для обучения и тестирования моделей.

Корректный выбор валидационной стратегии и тестового множества определяет качество и адекватность предсказания целевой переменной по данным, не участвующим при её тренировке. В данной работе анализировались три разных подхода к построению тренировочной, валидационной и тестовой подвыборок: обучение индивидуальных моделей по выборке данных каждого пациента и тестирование на трети её размера, обучение моделей на объединенном множестве данных всех пациентов также с тестированием на трети её объема и

обучение моделей на объединенном множестве трех пациентов, в то время как тестирование модели осуществлялось на отложенных данных четвертого пациента.

В качестве функции ошибки при обучении моделей использовалось среднее квадратичное отклонение:

$$MSE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n_{samples}} \sum_{i=0}^{n_{samples}-1} (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

где  $y$  - действительные значения,  $\hat{y}$  - предсказанные значения целевой переменной,  $n_{samples}$  - число элементов в выборке.

В качестве основной метрики качества при сравнении моделей использовалось среднее абсолютное отклонение:

$$MAE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n_{samples}} \sum_{i=0}^{n_{samples}-1} |y_i - \hat{y}_i|, \quad (1)$$

где  $y$  - действительные значения,  $\hat{y}$  - предсказанные значения целевой переменной,  $n_{samples}$  - число элементов в выборке.

Модели, которые использовались для оценки спада уровня сатурации: Gradient Boosting (GB) [8] и нейронные сети (NN). Валидация с помощью отложенной выборки показала, что наилучшие значения MAE (1) показала архитектура нейронной сети, состоящей из 80, 50, 30 нейронов на скрытых уровнях с дропаутом на втором скрытом слое и с вероятностью активации 0,25.

### Результаты

В таблице 2 приведены результаты расчета MAE (1) на тестовом множестве, значения коэффициента детерминации R2 и, так как выборки не подчинялись нормальному закону распределения, ранговой корреляции Спирмена с соответствующим p уровнем значимости для каждого пациента для модели GB, обученной для каждой пары сигналов отдельно.

Таблица 2

Пациент	MAE, %	Spearman correlation	p-value	R2 score
1	3.797	0.790	1.01e-19	0.495
2	2.283	0.860	1.38e-23	0.745
3	3.250	0.626	8.60e-9	0.381
4	2.840	0.644	8.79e-22	0.350

Таблица 3

Модель	MAE, %	Spearman correlation	p-value	R2 score
GB	3.421	0.794	7.30e-90	0.670
NN	5.214	0.550	8.44e-31	0.273

В таблице 3 приведены значения тех же метрик и показателей для моделей GB и NN, которые обучались на всем множестве предварительно перемешанных данных и тестировались на трети от его объема. В таблице 4 приведены значения тех же метрик и показателей для стратегии тестирования на подмножестве, в качестве которого поочередно выступали выборки от каждого пациента, в то время как обучение моделей проводилось на данных от остальных

трех пациентов. Номер в первом столбце таблицы 4 соответствует пациенту, данные которого использовались в качестве тестового подмножества.

Таблица 4

Пациент	GB				NN			
	MAE, %	Spearman correlation	p-value	R2 score	MAE, %	Spearman correlation	p-value	R2 score
1	13.68	0.486	5.82e-19	-3.450	16.50	0.364	1.00e-10	-6.864
2	3.910	0.552	6.00e-24	-0.074	4.545	0.396	4.79e-12	-0.207
3	3.041	0.670	9.15e-32	0.411	5.313	0.033	0.615	-4.486
4	4.670	0.229	1.42e-13	-0.533	6.784	-0.036	0.452	-3.819

Худшие значения метрик были получены для третьей схемы тестирования с помощью отложенной выборки пациента, данные от которого не участвовали в обучении моделей. Прежде всего, это связано с различными характеристиками и особенностями физиологического состояния пациентов, которые отразились на сигналах спирограммы и сатурации крови. Вторая схема, при которой в качестве тестового множества выступала треть от смешанного набора данных всех пациентов, хотя и показала высокие значения метрик, однако, не является надежной, так как ввиду ограниченного тренировочного набора модели имеют склонность к неадекватному предсказанию в ситуации оценки падения сатурации для человека, чьи характеристики спирограммы будут отличаться от характеристик пациентов, на данных которых обучались модели. Очевидно, что вышеуказанные проблемы могут быть решены с помощью значительного расширения тренировочного множества данных от различных пациентов, страдающих тяжелой формой ОАС.

Таким образом, в данных условиях и на основании таблиц 2-4 целесообразно использовать первый подход, при котором индивидуальная модель обучается и тестируется на данных для того пациента, для которого в последствии и применяется с целью оценки падения уровня SpO<sub>2</sub>. Хотя такая стратегия требует формирования предварительного обучающего набора данных для каждого пациента, для текущего исследования это не является критическим недостатком, сравнимым с возможностью высокой ошибки предсказания моделей, обученных по второй или первой рассмотренной схеме.

### Выводы

В данной статье были рассмотрены различные подходы к построению тренировочного и тестового набора данных для моделей Gradient Boosting и нейронной сети, предназначенных для предсказания падения сатурации кислорода в крови на основе сигнала спирограммы. Лучшие результаты были получены для моделей, которые обучались и тестировались на данных отдельно по каждому пациенту. Расширение пространства объектов в будущем позволит пересмотреть эти выводы и сделать другие рассмотренные в статье схемы тестирования более подходящими для обучения моделей, адекватных в способности оценки спада сатурации, тем самым увеличив обоснованность их применения на практике.

### Список литературы

1. Peppard PE, Young T, Palta M, Skatrud J. Prospective study of the association between sleep-disordered. N Engl J Med 2000;342(19):1378e84;
2. Moore T, Franklin KA, Holmstrom K, Rabben T, Wiklund U. Sleep-disordered breathing and coronary artery disease: long-term prognosis. Am J Respir Crit Care Med 2001 Nov 15;164(10):1910-3;
3. Sorajja D, Gami AS, Sommers VK, Behrenbeck TR, Garcia-Touchard A, Lopez-Jimenez F. Independent association between obstructive sleep apnea and subclinical coronary artery disease. Chest 2008;133(4):927-33;

4. Gilat H, Vinker S, Buda I, Soudry E, Shani M, Bachar G. Obstructive sleep apnea and cardiovascular comorbidities a large epidemiologic study. *Medicine (Baltimore)* 2014;93(9):1-5;
5. Van Meter, A., Williams, U., Zavala, A., Kee, J., Rebello, E., Tsai, J., ... Owusu-Agyemang, P. (2017). Beat to Beat: A Measured Look at the History of Pulse Oximetry. *Journal of Anesthesia History*, 3(1), 24–26;
6. Fan, F., Yan, Y., Tang, Y., & Zhang, H. (2017). A motion-tolerant approach for monitoring SpO<sub>2</sub> and heart rate using photoplethysmography signal with dual frame length processing and multi-classifier fusion. *Computers in Biology and Medicine*, 91, 291–305;
7. Kohavi R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection // *Ijcai*. – 1995. – Т. 14. – №. 2. – С. 1137-1145;
8. Zemel, Richard S. and Toniann Pitassi. “A Gradient-Based Boosting Algorithm for Regression Problems.” *NIPS* (2000).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ПРИНЦИПОВ АКУСТИЧЕСКОЙ И ИМПЕДИМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИЙ

А.Ю. ГАГАРИНА, А. ТАЖБЕНОВ, Н. О. СИТКОВ, Т.М. ЗИМИНА

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

**Аннотация** Рассмотрены миниатюрные акустический и импедиметрический сенсорные принципы дифференцирования микроорганизмов по Граму. Описаны конструкция и технологии изготовления сенсорных устройств. Приведены экспериментальные зависимости и установлено влияние структуры клеточной стенки бактерий на их акустические и электрические свойства.

*Ключевые слова:* лаборатория-на-чипе, грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, акустический сенсор, импедиметрический сенсор, экспресс-диагностика.

### Введение

Разработка новых средств экспресс-диагностики бактериальных инфекций является одной из важнейших задач современной науки ввиду их широкого распространения, повышающейся резистентности отдельных штаммов к антимикробным препаратам и длительного времени анализа с помощью традиционных культуральных методик.

Важнейшим этапом анализа бактериальных инфекций является идентификация. Для первичной дифференциации бактерий используется окрашивание по Граму. Основное различие между грамположительными и грамотрицательными бактериями заключается в том, что грамположительные содержат толстую клеточную стенку (20-80 нм) пептидогликана вместе с тейхоевой кислотой, что позволяет бактериям окрашиваться в пурпурный цвет. Грамотрицательные бактерии (размер их клеточной стенки составляет 5-10 нм) содержат тонкую прослойку пептидогликана без тейхоевой кислоты, что позволяет их клеточной стенке окрашиваться в розовый цвет. Поскольку грамотрицательные бактерии содержат наружную мембрану, они менее восприимчивы к антибиотикам. Следовательно, грамотрицательные бактерии являются более патогенными по сравнению с грамположительными бактериями [1].

Однако главным недостатком метода окраски по Граму является, то, что после процедуры исследуемые бактерии не пригодны для дальнейшего анализа. Это является критичным в тех случаях, когда необходимо точно определить, к какому антибиотику данный штамм будет наиболее чувствителен. Альтернативой данному методу могут быть используемые в концепции «лаборатории-на-чипе» сенсорные системы, предназначенные для неразрушающей идентификации бактериальных культур. Поэтому в данной работе поставлена задача создания сенсорных систем, способных дифференцировать бактерии на грамположительные и грамотрицательные. Для решения данной задачи предлагается использовать акустический и импедиметрические сенсоры.

### Акустический сенсор

Ввиду различного строения и химического состава оболочки грамположительных и грамотрицательных бактерий, они обладают неодинаковой механической жесткостью. Поэтому они различно реагируют на воздействие акустического поля. Именно этот фактор позволяет идентифицировать тип бактерии при помощи чувствительного акустического сенсора без применения окраски по Граму.

В качестве основы для акустического сенсора использовали кварцевый резонатор с резонансной частотой 4 МГц [2]. На тонкую пластину кварца наносили суспензию грамположительных и грамотрицательных бактерий, объемом 5 мкл и с концентрацией 10<sup>8</sup> КОЕ/мл (КОЕ – колоний образующие единицы), после чего посредством частотомера измеряли зависимость амплитуды колебания напряжения на параллельно включенном в схему резисторе от частоты внешнего напряжения, прикладываемого с помощью генератора.

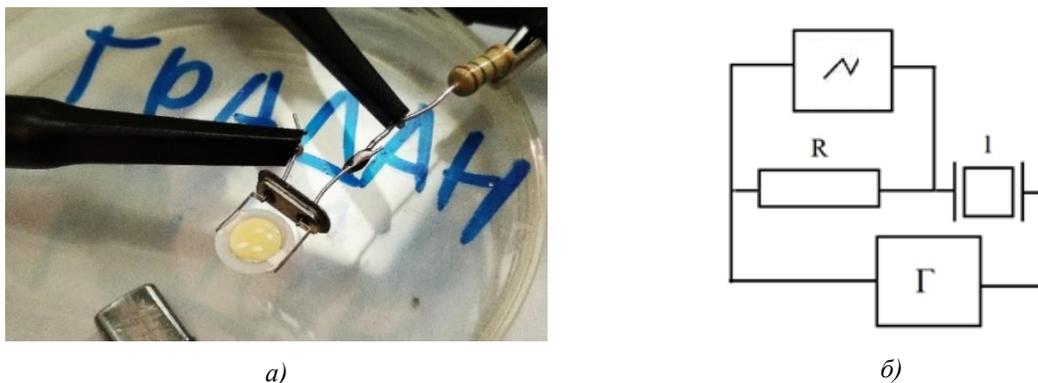


Рис. 2. Измерение акустического резонанса в системе кварцевого резонатора, нагруженного суспензиями бактерий. а) Кварцевый резонатор с пробой; б) Измерительная схема: Г – генератор, R - резистор, I – кварцевый резонатор

При работе системы с нагрузкой суспензиями наблюдали существенные различия в изменении добротности системы для грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Эксперимент показал, что для грамотрицательных бактерий характерно существенное смещение резонансной частоты в область меньших частот и увеличение ширины полосы пропускания. Для грамположительных бактерий также наблюдали смещение резонансной частоты в область меньших частот, но в меньшей степени, чем для грамотрицательных, а ширина полосы пропускания практически не изменялась (рис. 2).

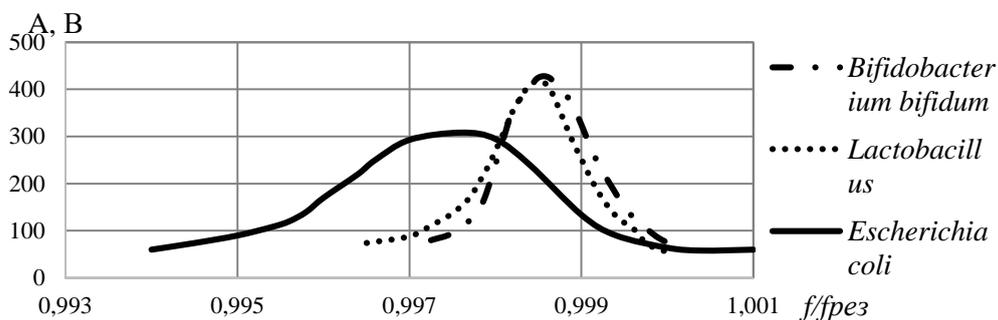


Рис.2. Экспериментальные зависимости амплитуды от приведенной частоты для грамположительных (*Bifidobacterium bifidum* и *Lactobacillus*) и грамотрицательных (*Escherichia coli*) бактерий

Фактически наблюдаемая диссипация энергии при распространении акустических волн в тонком диске кварца не может быть объяснена различной вязкостью исследуемых сред, так как согласно закону Эйнштейна, вязкость раствора зависит от отношения объема растворенного вещества к объему раствора и не зависит от размера частиц растворенного вещества. Отсюда

можно сделать вывод, что такая неодинаковая зависимость амплитуды от приведенной частоты для грамотрицательных и грамположительных бактерий может быть связана с особенностями химического строения оболочек бактерий.

### Импедиметрический сенсор

Микроорганизмы в питательной среде можно рассматривать как комплекс микрогетерогенных элементов, который на переменном токе обладают как активной, так и реактивной составляющими проводимости. Для описания электрических свойств такой системы можно использовать эквивалентную схему замещения (Рис. 3), в которой  $R1$  представляет собой сопротивление межклеточного пространства,  $R2$  – сопротивление внутриклеточного содержимого,  $C2$  – емкость, создаваемая клеточными стенками бактерий.

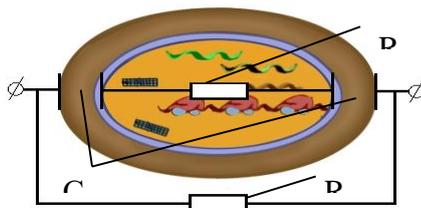


Рис. 3. Эквивалентная схема замещения суспензии клеток

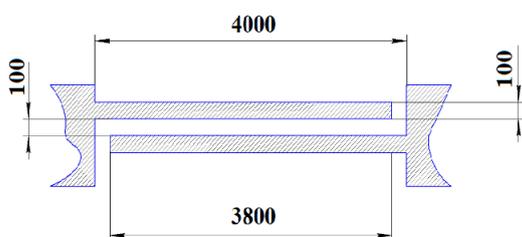


Рис. 4. Сенсорный элемент для измерения электрического импеданса. а) Пара гребенчатых электродов (размеры указаны в мкм); б) Измерительный чип

Эксперименты проводились с помощью измерителя иммитанса, к которому подключалась измерительная ячейка с гребенчатыми электродами, изготовленными с помощью технологий вакуумного напыления и фотолитографии (Рис. 4а). [3] Электроды подключались к проводам с помощью токопроводящего клея на основе серебра (Рис. 4б).

Для проведения эксперимента выбраны 3 суспензии, как указано выше для акустического метода [4] Суспензия объемом 10 мкл наносилась на электроды и фиксировались показания полного импеданса и угла сдвига в диапазоне от 25 Гц до 1 МГц. Годографы импеданса исследованных суспензий приведены на Рис. 5.

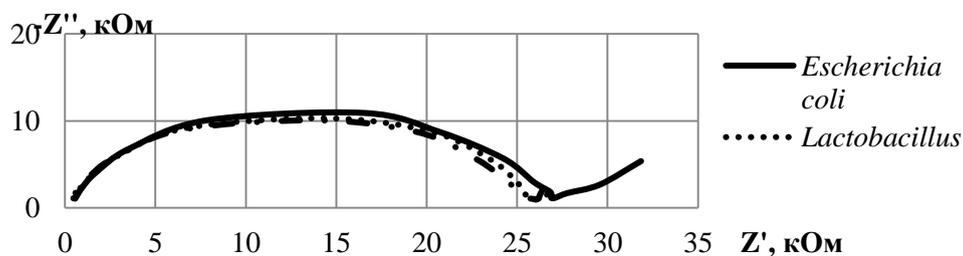


Рис. 5. Годографы импеданса для различных бактерий

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что наиболее четкое различие между грамотрицательным и грамположительными образцами проявляется в низкочастотной области измерений, поскольку на низких частотах наибольший вклад в электропроводность пробы вносит емкостная составляющая, создаваемая клеточными стенками бактерий. При этом, чем

более тонкую клеточную стенку имеют бактерии, тем они имеют большую емкость. Поэтому для дальнейших исследований предполагается охватывать более низкий частотный диапазон. Несомненным преимуществом методики является ее технологичность и возможность беспрепятственного сопряжения с микрофлюидной системой

### **Заключение**

В данной работе сравнивались два сенсорных принципа дифференцирования бактерий на грамположительные и грамотрицательные, используя методы акустического резонанса и электрического импеданса. Результаты экспериментов показали, что метод акустического резонанса пригоден для идентификации бактерий по Граму для мегагерцового диапазона частот. Метод электрического импеданса хорошо подходит для измерения на низких частотах. Из двух методик более предпочтительнее оказался метод акустического резонанса, поскольку различия между бактериями на графике четко выявлены. Рассмотренные методики необходимо интегрировать в микрофлюидную систему для исследования ювенильных колоний микроорганизмов и установления более четких закономерностей между их механическими и электрическими свойствами.

### **Список литературы**

1. Panawala L. Difference Between Gram Positive and Gram negative Bacteria. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/315757324>(дата обращения 15.04.2019);
2. Семенов А. И., Соловьев А. В., Зими́на Т. М. Исследование возможности идентификации бактерий с помощью акустического сенсора на основе кварцевого резонатора // Биотехносфера. 2017. №3 (48);
3. Н.О. Ситков, Т.М. Зими́на Импедансные методы детектирования для миниатюрных аналитических систем // Биотехносфера. 2016. № 6 (48). С. 44-53;
4. N. O. Sitkov, T. M. Zimina, A. V. Soloviev. Development of impedimetric sensor for E.coli M-17 antibiotic susceptibility testing. 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Moscow, 2018, pp. 1227-1230.

## **НОСИМОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

Э.А. ДАМИНОВА

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

**Аннотация.** В статье рассмотрена структура носимого устройства регистрации биомедицинских сигналов. Обоснован выбор узлов и элементов схемы. Приводится описание регистрируемых биомедицинских сигналов для удаленного мониторинга эпизодов эпилептических приступов. (стиль – «Реферат»)

*Ключевые слова:* удаленный мониторинг, система; диагностика, эпилептический приступ, биомедицинский сигнал, комплекс диагностически значимых показателей

Эпилепсия – наиболее часто встречающееся неврологическое, хроническое заболевание, которое влияет на образ, качество, полноценность жизни, а также на способность к полноценной работе человека По статистике только в Российской Федерации этому заболеванию подвержены порядка 500 тыс. человек. Учитывая увеличение населения во всем мире, данное заболевание, к сожалению, будет прогрессировать, вовлекая большее число пациентов. Сегодня рынок медицинской техники не может предложить такого устройства, которое могло бы на основе комплекса диагностически значимых показателей человека заблаговременно определять наступление приступов эпилепсии. Актуальным и практически значимым является разработка такого устройства, которое могло бы удаленно, в режиме реального времени проводить мониторинг состояния человека на основе комплекса диагностически значимых показателей.

Для обеспечения эффективности лечения пациентов с диагнозом эпилепсия, необходимо знать динамику заболевания, а именно: частоту приступов, их вид в соответствии с международной классификацией приступов, частоту приступов и т.д. Огромное значение при этом может представлять статистика эпилептических приступов у каждого отдельно взятого пациента. Статистические данные каждого отдельного пациента должны быть использованы для создания полной картины заболевания.

Поэтому необходима разработка системы удаленного мониторинга и выявления эпизодов эпилептических приступов и является актуальной проблемой и имеет практическую значимость как для медицинского приборостроения, так и для системы здравоохранения в целом. Во-первых, такая носимая система обладает значимостью с точки зрения оказания своевременной экстренной медицинской помощи. Во-вторых, с точки зрения формирования персональной статистики каждого пациента о случившихся эпизодах эпилептического шока. И, наконец, в-третьих, система позволит информировать врача в том числе о местоположении пациента, что также может сыграть важную роль для направления помощи к пациенту, находящегося не в условиях стационара [1].

Целью работы является разработка носимой системы удаленного мониторинга и выявления эпизодов эпилептических приступов в режиме реального времени с возможностью формирования характеристик, в т. ч. статистики выявленных приступов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых, сформировать комплекс диагностически значимых показателей для косвенной оценки эпилептических приступов. Комплекс показателей для этой задачи состоит из следующих показателей: частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, частота дыхательных движений, сатурация крови, определение положения тела человека в пространстве, показатели активности мышечной системы. Во-вторых, разработка носимой системы, обеспечивающей съем и регистрацию биомедицинских сигналов, их обработку и, как результат, – контроль состояния пациента посредством выявления эпизодов эпилептических приступов в режиме реального времени.

В настоящее время диагностирование эпизодов эпилептических приступов повсеместно осуществляется в стационарных условиях лечебных учреждений посредством анализа электроэнцефалограмм. Также начинает приобретать широкую известность методика видео-ЭЭГ мониторинга, во время которой с пациента снимают не только электроэнцефалограмму, но производят видеосъемку состояния тела пациента. Таким образом, удастся проводить глубокий анализ эпизодов эпилептических приступов, поскольку получают данные не только о мозговой активности пациента, но и о сопутствующих клинических проявлениях: мышечной активности (судороги, однообразные моторные движения и т.д.), движении глаз, издаваемых пациентом звуках и т.д. Но данный вид диагностики имеет не пригоден для непрерывного мониторинга эпизодов эпилептических приступов в условиях активной жизнедеятельности человека. Поэтому появляется необходимость разработки метода и системы, с помощью которых стало бы возможным проводить непрерывный мониторинг эпизодов эпилептических приступов в условиях активной жизнедеятельности человека.

Результаты медицинских наблюдений и исследований показывают, что процесс эпизодов эпилептических приступов характеризуется разнообразными клиническими качественными признаками, которые, в свою очередь, можно оценить в количественном виде. Так, известно, что во время эпизодов эпилептических приступов могут изменяться разнообразные параметры не только головного мозга, но и всего тела человека. К таким параметрам, в частности, можно отнести частоту сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, частоту дыхания и т.д.

Современное состояние развития биотехнических систем позволяет проводить регистрацию этих косвенных показателей в условиях активной жизнедеятельности пациента.

Примером могут служить как холтеровское мониторирование, так и мониторирование с помощью «умных» часов. Но поскольку количество интересующих нас показателей относительно велико, необходимо разработать носимую многоканальную систему регистрации комплекса биомедицинских сигналов.

Значимость показателей и мощность признаков для каждого пациента сугубо индивидуальны, однако можно говорить об имеющихся у них общих чертах. При этом для определения значимости показателей может быть применен такой метод анализа, как метод главных компонент.

Сегодня огромную популярность и повсеместность получил метод анализа, основанный на применении нейронных сетей. Однако, показатели человека находятся в процессе постоянного динамического изменения и зависят от множества факторов: от тяжести протекания заболевания, от появления ухудшений или улучшений в процессе терапевтического вмешательства. Принимая во внимание вышесказанное, метод, основанный на применении нейронных сетей не может быть применен к такой изменяющейся системе. Наиболее предпочтительным является применение интегральной оценки показателей, основанной на учете диагностически значимых показателей с определенными весовыми коэффициентами, которые будут индивидуально адаптированы под каждого пациента.

Применение такого метода анализа данных позволит провести нормировку измеренных величин. Под нормировкой понимается следующее. Каждый показатель, отражающий работу систем и органов, вернее, его значение может варьироваться в определенном для каждого показателя диапазоне. В то же время проявление признака такого диапазона не имеет. Признак может быть выражен явно, может иметься подозрение на его проявление, а также признак может никак не проявиться. Признаки имеют определенные веса, выражаемые через весовые коэффициенты. Оценить эти весовые коэффициенты можно, используя метод главных компонент.

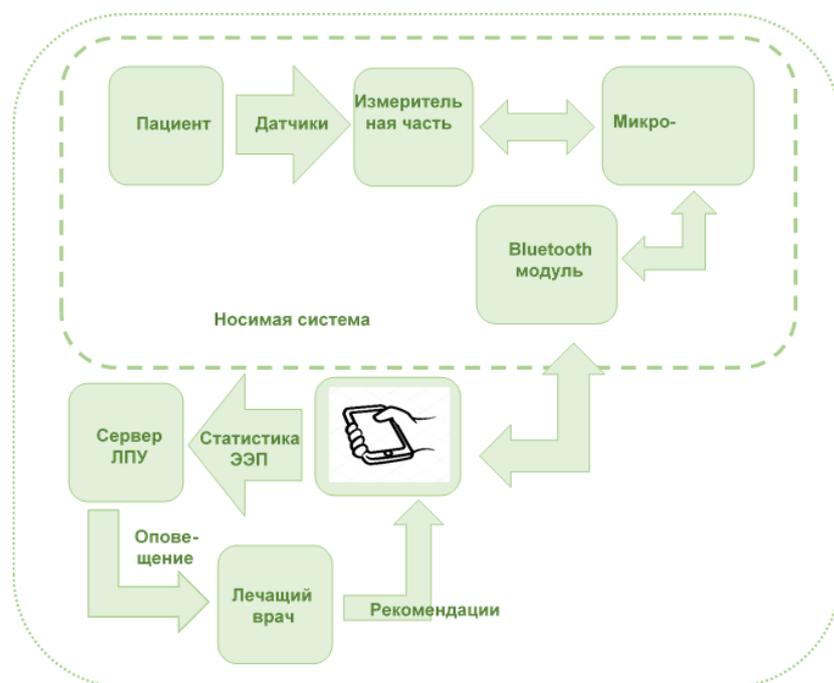


Рис. 1. Структурная схема носимого устройства регистрации биомедицинских сигналов

Образ жизни современного человека определяет концепцию системы удалённого мониторинга и выявления эпизодов эпилептических приступов. В основе построения системы используется архитектура многоуровневой системы удаленного мониторинга состояния здоровья. Использование такой архитектуры позволяет распределить задачи съема,

регистрации и обработки сигналов с объекта исследования, оценки диагностически значимых показателей, оценки текущего состояния здоровья объекта исследования, мониторинга и контроля состояния, формирования сигнала тревоги при выявленных эпизодах эпилептических приступов, информационной поддержки и медицинского сопровождения по пространственно распределенным элементам системы, расположенным на уровне пациента, сервера медицинского учреждения и врача, обеспечить автономность работы системы при ограниченных во времени сбоях в работе каналах передачи сигналов [2-4]. Структура представлена на рис.1.

Человеческий организм – источник разнообразных биомедицинских полей и биомедицинских сигналов, регистрация которых осуществляется с помощью первичных преобразователей – датчиков. Для данной системы – это датчики ЭКГ-сигналов, ЭМГ-сигналов, а также датчики сатурации и дыхания.

Зарегистрированные биомедицинские сигналы должны пройти предварительную обработку, а именно фильтрацию и усиление, что осуществляется в блоке измерительной части. Микроконтроллер, размещенный на плате, не только управляет дальнейшим процессом оцифровки, но и управляет Блютуз-модулем.

Таким образом, носимое устройство представляет собой компактную систему, с возможностью передачи биомедицинских сигналов.

Оцифрованные биомедицинские сигналы поступают далее на персональный компьютер пациента, например, на смартфон. На смартфоне может быть предусмотрена возможность дополнительной фильтрации биомедицинских сигналов и оценки диагностически значимых показателей (частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, сатурация, частота грудного дыхания, частота брюшного дыхания, частота смешанного дыхания, мышечная активность рук, мышечная активность ног).

В результате полученные биомедицинские сигналы образуют многомерное признаковое пространство, поскольку процессы, протекающие в человеческом организме во время эпизодов эпилептических приступов, являются динамическими. Поэтому формируется интегральный показатель, который сравнивается с пороговым показателем. Причем пороговый показатель для каждого пациента индивидуален и нормируется лечащим врачом. При нормировании лечащий врач учитывает анамнез каждого отдельного пациента и наличие либо отсутствие лекарственной терапии у пациента.

Если во время сравнения интегрального показателя с пороговым показателем первый оказался выше, то можно говорить о выявлении эпизода эпилептического приступа.

Статистика всех выявленных эпизодов эпилептических приступов передается на сервер лечебного учреждения в виде значимых показателей (частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, сатурация, частота грудного дыхания, частота брюшного дыхания, частота смешанного дыхания, мышечная активность рук, мышечная активность ног).

Сформирован комплекс диагностически значимых показателей, оцениваемых на основе биомедицинских сигналов, выявления эпизодов эпилептических приступов в режиме реального времени. Предложен метод оценки диагностически значимых показателей с использованием метода главных компонент. Для каждого пациента веса показателей задаются лечащим врачом на этапе настройки системы. Предложен интегральный показатель, характеризующий состояние здоровья пациента и позволяющий выявлять эпизоды эпилептических приступов.

### **Список литературы**

1. Эпилепсия и функциональные состояния мозга / Р. Г. Биниауришвили, А. М. Вейн, Б. Г. Гафуров, А. Р. Рахимджанов. - Ташкент : Медицина, 1985. - 239 с. : ил.; 22 см;
2. Юлдашев З.М., Анисимов А.А. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей. Медицинская техника. 2017. № 1 (301). С. 45-48;

3. Юлдашев З.М., Пустозеров Е.А., Анисимов А.А. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера.- 2016.-№5. С. 2-8;
4. Tr. T. Nguyen, Z. M. Yuldashev, and E. V. Sadykova A Remote Car-diac Rhythm Monitoring System for Detecting Episodes of Atrial Fibrillation. . Biomedical Engineering, Vol. 51, No. 3, September, 2017, pp. 189-194.

## РАЗРАБОТКА НОСИМОГО ПРИБОРА ДЛЯ ИОНОФЕРЕЗА

Д.А. ЕГОРОВ

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

**Аннотация.** Стимуляция организма постоянным током и введение с его помощью лекарственных веществ через кожу известна под названием ионофорез. Он представляет собой неинвазивный метод, используемый для увеличения трансдермального проникновения веществ через слои кожи (эпидермис, дерма и гиподерма). Снижение стоимости компонентов и повышение технологий производства позволяет значительно расширить применение ионофореза в различных областях медицины и повседневной жизни. Данная работа посвящена разработке портативного устройства для ионофореза.

*Ключевые слова:* ионофорез, электрическая стимуляция, разработка, портативное устройство.

### **Введение**

Ионофорез – неинвазивный метод воздействия на эпидермис, используемый для увеличения проницаемости ионов в слоях кожи. По сути, данный метод представляет собой активный транспорт ионов, возникающий из-за приложенного постоянного электрического тока. Как правило, используется ток силой не более 6 мА и напряжением не более 40 В. Электрическое воздействие осуществляется с помощью двух наложенных на кожу электродов: анода (положительный) и катода (отрицательный). Другими словами, ионофорез является одним из методов стимуляции током слабой силы. Последние исследования показали, что электрический ток стимулирует процесс, называемый ангиогенезом (образование новых сосудов в поврежденном органе). Он активируется в случае естественной регенерации поврежденных тканей, их роста, а также при рубцевании после удаления очагов воспаления. При воздействии током посредством ионофореза скорость и интенсивность ангиогенеза существенно увеличивается, что приводит к ускоренному восстановлению поврежденной ткани. Для усиления лечебного воздействия дополнительно могут использоваться водорастворимые лекарственные препараты.

Еще несколько лет назад устройство для подобной стимуляции было бы громоздким и неудобным для повседневного использования. Однако, с развитием микросистемной техники приборы для электротерапии, в частности ионофореза, существенно уменьшились в размерах и стали более доступными из-за снижения производственных затрат. Таким образом, на сегодняшний день приборы для электростимуляции могут быть как стационарными, так и портативными. Одной из наиболее интересных идей в данной области является создание устройства для проведения ионофореза в форме одноразового пластыря для заживления небольших ран. На основе данной идеи предлагается разработать прибор, который также будет удобен в повседневном использовании и иметь низкую себестоимость при высокой эффективности воздействия.

### **Устройство для проведения ионофореза**

В общем виде устройство для ионофореза, выполненное в форме одноразового пластыря, представляет собой автономный источник тока малой силы (дозы), воздействующий на организм в течение определённого времени. Постоянный ток вынуждает ионы перемещаться по направлению от анода к катоду, благодаря чему происходит стимуляция процесса регенерации поврежденных тканей. Суммарная доза воздействия пластыря определяется в ампер-часах

(А\*ч). Также предполагается возможность дополнительного введения лекарственного препарата для улучшения лечебного воздействия. На рисунке 1 приведён принцип работы пластыря, а в таблице 1 приведены существующие модели пластырей и их основные характеристики.

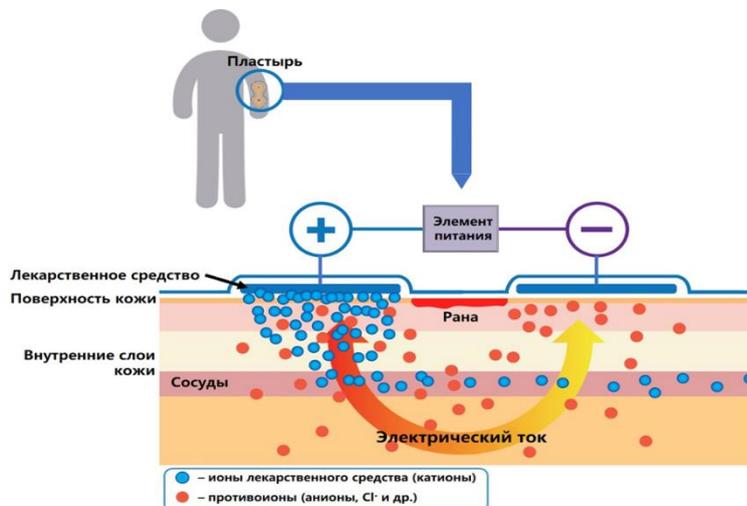


Рис. 1. Принцип работы пластыря для ионофореза

Таблица 1

**Основные модели пластырей для ионофореза и их характеристики**

Наименование	Производитель	Характеристики	Внешний вид
IontoPatch STAT	Travanti Medical (США)	Суммарная доза: 80 мА·мин Длительность процедуры: 4 часа Напряжение элемента питания: 4 В Рабочий ток: 0,36 мА Стоимость: 47 \$	
IntelliDose 2.5	North Coast Medical (США)	Суммарная доза: 40 (80) мА·мин Длительность процедуры: 1,25 (2,5) часа Напряжение элемента питания: 6 В Стоимость: 64 \$	
I-Bresis	Iomed (Испания)	Суммарная доза: 40 мА·мин или 80 мА·мин Длительность процедуры: 1 час или 2 часа Напряжение элемента питания: 3 В Стоимость: 67,50 \$	

Как видно из таблицы 1 пластыри различаются по следующим параметрам: суммарная доза, длительность процедуры и стоимость набора пластырей. Также интересно посмотреть на схему устройства I-Bresis, которая представляет собой независимый внешний блок с заменяемыми картриджами-пластырями.

Главной задачей устройства, как говорилось ранее, является контроль тока, протекающего через кожу, и предотвращение генерации высокого напряжения. Структурная схема разработанного устройства представлена на рисунке 2.

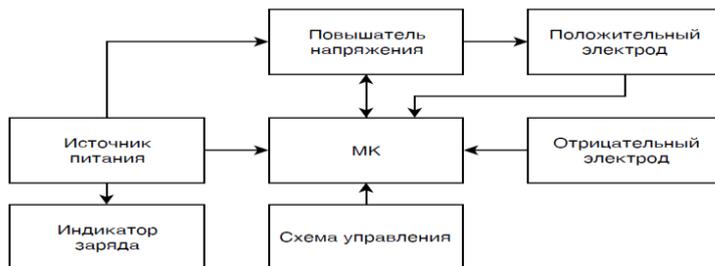


Рис. 2. Принцип работы пластыря для ионофореза

Прибор разрабатывается для использования как в медицинской практике, так и в повседневной жизни людьми без медицинского образования. Данное условие определяет необходимость максимального упрощения управления устройством и снижения сложности схемы. В соответствии с этой целью, была создана следующая принципиальная схема, изображенная на рисунке 3.

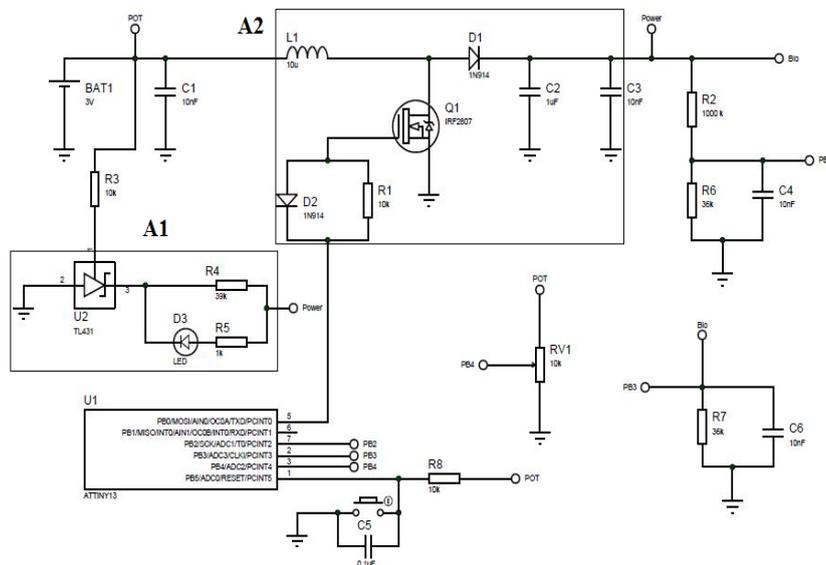


Рис. 3. Принципиальная схема устройства

Разработанная схема заведомо является маломощной, а потому не требует высокого уровня питания. Таким образом, для реализации устройства был использован микроконтроллер (МК) ATtiny13 – 20SU с потреблением от 1.8 до 5 вольт при тактовой частоте в 4 МГц. МК занимается управлением повышающего преобразователя (вывод PB0) на основании напряжения, снятого с потенциометра (вывод PB4), считывает выходное напряжение с повышателя (вывод PB2), а также – ток после прохождения тока через биообъект (вывод PB3).

МК контролирует напряжение, подаваемое на кожу, используя встроенный в него аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и сравнивает его с установленным порогом. Если напряжение превышает заданный заранее предел, МК прекратит переключение ключевого элемента на полевом MOSFET транзисторе (Q1), предотвращая превышение напряжения. Лимит устанавливается с помощью потенциометра (в зависимости от напряжения на выводе PB4). В качестве источника питания была выбрана батарейка типа CR2032 на 3 вольта.

Квадратом A1 выделена схема индикации заряда. Роль индикатора исполняет стабилитрон TL431. При падении напряжения на батарейке ниже 2.5 вольт светодиод гаснет, что сигнализирует о падении напряжения ниже заданного порога.

Квадратом А2 обозначен повышатель напряжения. Повышатель выполнен в классической схеме – катушка индуктивности, диод и конденсатор – работает за счет переключения ключа на базе MOSFET (Q1) и управляется МК с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Такая топология DC/DC преобразователя была выбрана, потому что она позволяет легко опустить уровень напряжения при превышении его порога за счет пропуска импульсов на ключе.

### Выводы

Портативное устройство для ионофореза, может быть реализовано с использованием небольшого и недорогого микроконтроллера для контроля тока, проходящего через кожу, и управления повышающим DC/DC преобразователем. Алгоритм работы может быть изменен и улучшен для получения дополнительных функций, а также для задания различных пороговых значений без значительных изменений аппаратной части устройства.

### Список литературы

1. H. Kai, T. Yamauchi, Y. Ogawa, A. Tsubota, T. Magome, T. Miyake, K. Yamasaki, and M. Nishizawa. Accelerated Wound Healing on Skin by Electrical Stimulation with a Bioelectric Plaster. // *Adv. Healthcare Mater.* 2017, 6;
2. E. Krueger, J. L. Claudino Junior, E. M. Scheeren, E.B. Neves, E. Mulinari and P. Nohama. Iontophoresis: principles and applications. // *Fisioter. Mov.*, Curitiba, v. 27, n. 3, p. 469-481, jul./set. 2014;
3. R. Pignatello, M. Fresta and G. Puglisi. Transdermal drug delivery by iontophoresis. i. fundamentals and theoretical aspects. // *J Appl. Cosmetol.* 14. 59-72 (April-June 1996).

## СИНТЕЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ С ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МЕТКОЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Д.В. КОРОЛЕВ<sup>1</sup>, В.Н. ЗОРИН<sup>2</sup>, К.Г. ГАРЕЕВ<sup>2</sup>, Н.В. ЕВРЕИНОВА<sup>1,4</sup>, Н.А. ПЕЧНИКОВА<sup>1</sup>, В.Н. ПОСТНОВ<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Национальный Медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) СПбГЭТУ*

<sup>3</sup>*Санкт-Петербургский Государственный Университет*

<sup>4</sup>*Санкт-Петербургский государственный технологический институт*

**Аннотация.** В работе проведена хемосорбция флуоресцентного красителя индоцианина зеленого на поверхность покрытых альбуминовой оболочкой магнитных наночастиц (МНЧ). Проверена гипотеза возможности использования данной конструкции для тераностики. Исследована флуоресценция синтезированного образца *in vitro* и *in vivo*.

*Ключевые слова:* магнитные наночастицы, альбумин, адсорбция.

Альбумин, как оболочка для наночастиц, является транспортным белком и способен транспортировать различные молекулы, как лекарственных веществ, так и флуорофоров, хемосорбированных на поверхности. Для проверки гипотезы возможности использования данной конструкции для тераностики на поверхность покрытых альбуминовой оболочкой (Alb) образцов магнитных наночастиц (МНЧ) хемосорбировали флуоресцентный краситель индоцианин зеленый (ИЦЗ).

Синтез МНЧ проводили следующим образом [1]. К раствору, содержащему смесь сульфатов железа (II), железа (III) в мольном соотношении 2:1 и объемом 700 мл, при постоянном перемешивании со скоростью 4 мл/мин добавляли смесь 25% раствора гидроксида аммония и 1% раствора ацетата аммония. Таким образом, отношение железа и ацетата аммония составляло 2:1:0.1. Синтез проводили до фиксации насыщенно черной окраски и установления

значения pH = 8–9. На следующий день, полученный коллоидный продукт отделяли центрифугированием и промывали 4 раза дистиллированной водой. Для подготовки сухой пробы полученные МНЧ отфильтровывались и подвергались лиофильной сушке при температуре –50 °С и давлении 3 Па в течение 48 часов.

Модифицирование поверхности МНЧ осуществляли по следующей методике. В круглодонную колбу объемом 50 мл помещали 2 грамма сухих МНЧ и 25 мл 5% раствора 3-аминопропилтриэтоксисилана (АПТЭС) в предварительно осушенном бензоле. Реакционную смесь кипятили в течение двух часов при температуре 80 °С с обратным холодильником, используя термостатированную ячейку, соединенную с жидкостным термостатом LT-105a (LOIP, Россия). Избыток реагента удаляли многократной промывкой сухим хлороформом, используя магнитную сепарацию. На заключительной стадии промывки использовался этиловый спирт. Во время модифицирования и промывки осуществляли интенсивное перемешивание реакционной смеси с помощью магнитной мешалки. Схема синтеза показана ниже. Согласно данным иммобилизация АПТЭС на гидроксильную поверхность кремнезема идет по двум этокси-группам. Предполагается, что взаимодействие АПТЭС с гидроксильной поверхностью МНЧ идет также по двум из трех этокси-групп.

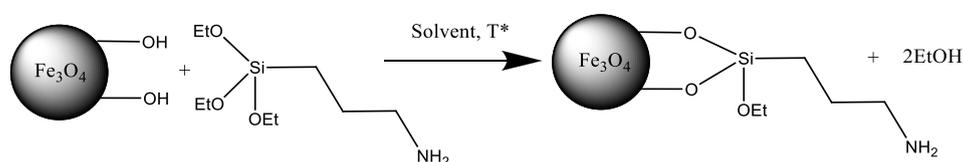


Рис. 1. Схема аминирования магнитных наночастиц

Хемосорбция альбумина проводилась на перемешивающем устройстве LS-220 при частоте 300 мин<sup>-1</sup> в течение 2 часов. Для этого 50 мг аминированных МНЧ помещали в полипропиленовую пробирку емкостью 15 мл и добавляли 2 мл 20% раствора альбумина. Использовался альбумин человеческий (Бакстер АГ, Вена, Австрия). После сорбции, полученный препарат пятикратно промывали дистиллированной водой с магнитной сепарацией.

Иммобилизация ИЦЗ проводилась следующим образом. 50 мг аминированных МНЧ, покрытых альбумином помещали в полипропиленовую пробирку, емкостью 15 мл и добавляли 2 мл водного раствора ИЦЗ, концентрацией 0,5 мг/мл.

Хемосорбцию проводили на перемешивающем устройстве LS-220 при частоте 300 мин<sup>-1</sup> в течение 2 часов. Структурная схема полученного конъюгата показана ниже:

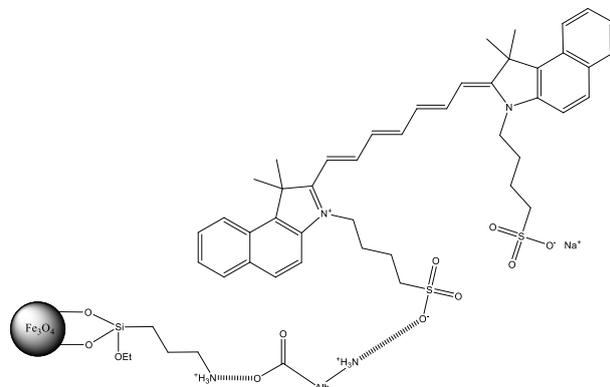


Рис. 2. Конъюгат МНЧ-АПТЭС-Аль-ИЦЗ

Готовый препарат приготавливался диспергированием полученного конъюгата в физиологическом растворе в концентрации 2 мг/мл.

Полученные данные визуализации МНЧ с альбуминовой оболочкой и индоцианином зеленым в режиме работы эмиссионного фильтра: ICG (810–875 нм) показали эффективность разработанных магнитных наночастиц (рисунок 3).

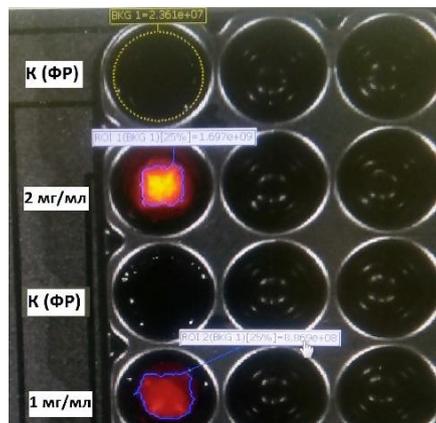


Рис. 3. Визуализация образца МНЧ-АПТЭС-Аlb-ИЦЗ в концентрациях 2,0 и 1,0 мг/мл на IVIS Lumina LT Series III (Perkin Elmer, США)

Полученный конъюгат использовался для визуализации магнитоуправляемой доставки *in vivo* на мышах- самцах C57Bl/6J. Для этого неодимовый магнит марки N35 вшивался лабораторным животным рядом с аортой. Затем проводилось внутривенное введение конъюгата. Визуализация на флуоресцентном томографе отчетливо показала накопление носителя –МНЧ, нагруженного индоцианином зеленым (рис. 4).

При введении исследуемого образца, у животных не отмечалось признаков токсического воздействия. В ходе всего опыта спонтанной гибели животных не происходило.

Таким образом, полученные данные показывают, что разработанный образец МНЧ-АПТЭС-Аlb-ИЦЗ обладает нужной разрешающей способностью для визуализации *in vitro* и *in vivo* с помощью системы IVIS Lumina LT Series III (Perkin Elmer, США).

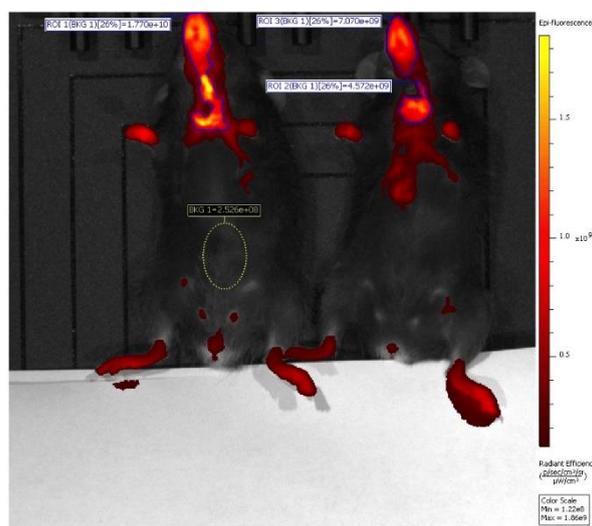


Рис. 4 Визуализация через 30 минут после введения препарата (слева – в районе аорты вшит магнит; справа – введение без магнита), измерения проведены с вычитанием фона

### Список литературы

1. In vitro toxicity of  $\text{Fe}_m\text{O}_n$ ,  $\text{Fe}_m\text{O}_n\text{-SiO}_2$  composite, and  $\text{SiO}_2\text{-Fe}_m\text{O}_n$  core-shell magnetic nanoparticles / Y.G. Toropova, A.S. Golovkin, A.B. Malashicheva, A.N. Gorshkov, K.G. Gareev, M.V. Afonin, D.V. Korolev, M.M. Galagudza // International Journal of Nanomedicine, 2017, V. 12. С. 593–603.

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИОСОВМЕСТИМЫХ ОСТЕОЗАМЕЩАЮЩИХ ИМПЛАНТАТОВ

И.А. НАСЧЕТНИКОВА<sup>1</sup>, М.В. ГИЛЕВ<sup>2</sup>, С.И. СТЕПАНОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Уральский государственный медицинский университет

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования по получению методом селективного лазерного плавления остеозамещающего имплантата с повышенными биосовместимыми свойствами и исследование степени его остеointegrации в биологической среде. Предложены модель остеозамещающего имплантата с ячеистой архитектурой и метод оценки его остеointegrации на базе измерений микротвердости по Виккерсу и Ca/P – соотношения периимплантной костной ткани.

*Ключевые слова:* аддитивные технологии, селективное лазерное плавление, биосовместимые имплантаты, титан, ВТб, микротвердость, Ca/P – соотношение

С развитием науки и техники особую популярность в производстве сложных металлических комплексов набирают аддитивные технологии (3Д – печать), которые подразумевают послойный процесс изготовления деталей на основе CAD – модели (с англ. - computer-aided design). На сегодняшний день основное распространение аддитивные технологии получают в медицине, а именно в ортопедической хирургии, так как позволяют получать персонализированные имплантаты сложной геометрической формы, изготовление которых традиционными методами не представляется возможным.

Из исторически накопленного медицинского опыта металлического эндопротезирования известна относительно низкая приживаемость имплантатов в человеческом организме, что зачастую приводит к резорбции костной ткани, процессам инкапсуляции, воспалительным процессам и разрушениям близлежащей к имплантату здоровой кости [1]. В настоящее время крайне важно продолжать поиски технологий производства имплантатов с новыми топографическими характеристиками и биомеханическими свойствами, близкими к свойствам человеческой костной ткани, что позволит снизить или предотвратить процессы биодегенерации, развитие инфекции и патологии.

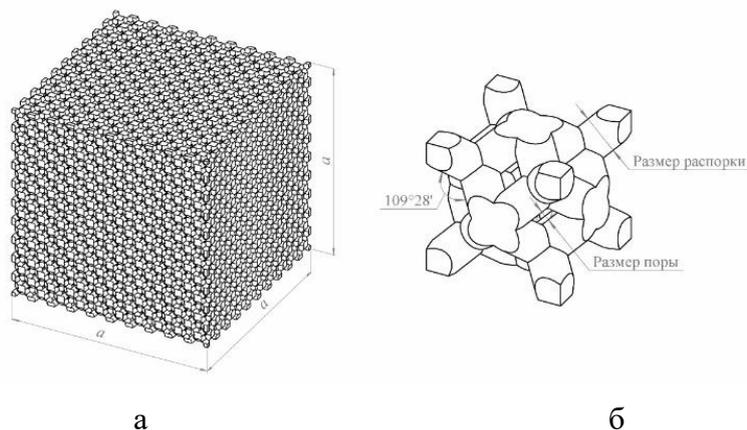


Рис. 1. а - архитектурная топография имплантата; б - элементарная ячейка

Основным металлическим материалом, используемым в качестве эндопротезов и имплантатов, является титан и его сплавы в связи с их высокой прочностью, коррозионной стойкостью и приемлемыми характеристиками биосовместимости [2].

Цель работы – изготовление остеозамещающего имплантата с повышенными биосовместимыми свойствами методом селективного лазерного плавления и исследование степени его остеointegrации в биологической среде.

С помощью программного пакета Solid Works проводилось моделирование ячеистой структуры имплантата на основе ячейки Diamond, которая образована из стержней, расположенных друг к другу под углом  $109^{\circ}28'$ . (рис. 1). С учетом размера пор имплантата, равного 680 мкм и размера перемычек в интервале 400-1300 мкм задавалась относительная пористость образца в диапазоне 50-80%.

На основе компьютерной модели был изготовлен опытный образец имплантата методом селективного лазерного плавления. В качестве исходного материала использовался порошок из  $(\alpha+\beta)$ -титанового сплава Ti-6Al-4V, состав и свойства которого соответствуют ГОСТ Р ИСО 5832-3-2014 на металлические материалы, применяемые в качестве имплантатов для хирургии.

Из исходного имплантата были вырезаны кубические образцы с длиной ребра 5 мм и аугментированы в проксимальный отдел большеберцовой кости кролика моделированием внутрисуставного импрессионного перелома. На сроке 6, 12 и 25 недель после аугментации животные были выведены из эксперимента. Для оценки остеоинтеграции имплантатов были проведены измерения микротвердости костной ткани периимплантной области и посчитано Ca/P – соотношение в качестве критерия степени минерализации ремоделирующейся кости.

Элементный анализ и оценка морфоструктурных характеристик образцов костной ткани кролика с аугментированным пористым титановым имплантатом были выполнены на сканирующем электронном микроскопе FEG SEM ZEISS CrossBeam AURIGA с использованием программно-аппаратного комплекса Oxford INCA.

В результате исследования была предложена конструкция низко модульного титанового имплантата с размерами пор, благоприятными для эффективной остеоинтеграции. Установлено, что значение Ca/P – соотношения уменьшается в направлении от имплантата и варьируется от  $0,92 \pm 0,14$  до  $2,09 \pm 0,74$  в зависимости от срока приживаемости и расположения точки аттестации относительно имплантата. Максимальное значение Ca/P составляет  $2,09 \pm 0,74$ , что соответствует расстоянию 100 мкм от имплантата и сроку наблюдения 25 недель.

Показано, что значение микротвердости по Виккерсу увеличивается с возрастанием срока приживаемости. Максимальное значение микротвердости по Виккерсу для трабекулярной костной ткани составило  $100,09 \pm 4,15$ , для кортикальной –  $114,12 \pm 4,27$ , что соответствует сроку приживаемости 25 недель в обоих случаях.

### Список литературы

1. Roschger P. et al. Constant mineralization density distribution in cancellous human bone. Bone. A. 2003. V. 32. P. 316–323.
2. Abdel-Hady Gepreel M, Niinomi M. Biocompatibility of Ti-alloys for long-term implantation. J Mech Behav Biomed Mater. 2012. V. 20. P. 407 – 415.

## КОМПЛЕКС ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ СПОРТСМЕНА

М.Т. НГУЕН, А.А. ТОМЧУК

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

**Аннотация.** В работе сформирован комплекс показателей для оценки физиологических резервов спортсмена, основанный на сигналах: электрокардиограммы, дыхательных движений, фотоптизограммы и сигналов акселерометров. Предложены методы оценки физиологических резервов для интегральной оценки потенциальных возможностей организма спортсмена, распределенных по трем группам: статические, динамические и параметры, характеризующие процесс восстановления.

*Ключевые слова:* физиологический резерв, спортсмен, статический, динамический и восстановления.

## 1. Комплекс показателей физиологических резервов спортсмена

С целью достижения спортсменом высоких результатов требуется обеспечить эффективность в управлении тренировочного процесса. Соответствие физических нагрузок (ФН) текущему ФР является одним из наиболее важных принципов построения планов тренировочного процесса [1]. Оценка ФР спортсмена относится к числу сложных проблем научно-спортивной медицины. Именно поэтому, в первую очередь, необходимо сформировать комплекс показателей, учитывающий характер изменения состояний различных систем человеческого организма под влиянием ФН. Необходимо оценивать интегральные параметры, характеризующие сердечно-сосудистую, дыхательную и опорно-двигательную системы. Для этого необходимо сформировать все объективные критерии оценки текущих физиологических показателей спортсмена, отражающих состояние различных механизмов регуляции вегетативной нервной системы (ВНС).

Как известно, ВНС управляет энергетическими и метаболическими процессами в человеческом организме, к которым относится мобилизация ФР и обеспечение их восстановления и накопления. Сбалансированное регулирование позволяет спортсмену максимально использовать свои функциональные возможности, обеспечивает экономизацию функций при работе на выносливость и определяет скорость восстановления. Изменения в процессе регуляции отражаются на сердечной и легочной деятельности.

Исходя из модели Баевского [2], изменениям в деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой системах под регуляцией ВНС способствуют регулярные ФН. Первый показатель, изменяющийся под влиянием ФН и характеризующий активность регуляции функции кровообращения автономной и кислородно-транспортной систем – это вариабельность сердечного ритма (ВСР). Этот показатель позволяет охарактеризовать общую активность механизмов, отражающих адаптационную реакцию всего организма. Значения ВСР зависят от активности взаимодействия симпатического и парасимпатического отделов ВНС, которая постоянно изменяется. Поэтому ВСР и дисперсия ВСР (ДВСР) характеризуют предельные возможности сердца и стабильность сердечного ритма при заданной величине ФН. Кроме того, при изменении состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) изменяются следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД). Они характеризуют необходимое для выполнения физической работы количество кислорода и углеводов, поступающих в клетки мышц. Как правило, ЧСС – непостоянная величина, часто зависящая не только от физиологии или пола, но и от возраста.

Для увеличения достоверности оценки данного показателя предлагается проведение измерения ЧССпокоя. Процедуру рекомендуется осуществлять сразу после пробуждения. Повышенное значение ЧСС в течение длительного времени свидетельствует о том, что сердце работает на пределе своих возможностей. Снижение значения ЧСС говорит об экономизации функций мышцы и увеличении кровообращения. Поэтому уровень резерва ЧСС (ЧССрезерв), характеризующий степень натренированности и скорость восстановления спортсмена, является важным параметром при исследовании и оценке ФР. Чем большее ЧССрезерв, тем выше способность выполнять тяжелые нагрузки и тем шире диапазон приспособительных механизмов организма. В связи с этим, для оценки ФР спортсмена используются следующие показатели: ЧССпокоя, ЧССрезерв. Таким образом, значения ЧСС, ВСР и ДВСР, характеризующие стабильность сердечного ритма и предельные возможности сердца при ФН, могут являться значимыми показателями при оценке ФР спортсмена.

Известно, что при выполнении физической работы важным условием является обеспечение ритмичного поступления кислорода в клетки мышц. Неслучайно во многих видах спорта используется так называемый «кровяной допинг». С помощью данного метода повышается количество эритроцитов в крови, что приводит к повышению транспортировки кислорода к

мышечным клеткам, что, в свою очередь, позволяет повышать устойчивость работы мышц и снижать степень их утомляемости. Именно поэтому степень насыщения артериальной крови кислородом – сатурация крови (СК) – является важным признаком для оценки состояния спортсмена. При увеличении ФН уровень оксигенации крови уменьшается. Для повышения качества и продолжительности тренировки требуется больший объем кислорода, который, зачастую, система дыхания не способна обеспечить в должной мере. В связи с этим, для контроля уровня оксигенации крови, безусловно, необходимо использовать средства оксигемометрии не только во время тренировочного процесса, но и в период восстановления.

Контроль за дыханием спортсмена является одной из важнейших задач спортивной медицины. Поэтому следующим значимым показателем для оценки резервов спортсмена, является частота дыхательных движений (ЧДД). Определение динамики ЧДД для оценки резервов спортсмена, безусловно, целесообразно в виду информативности показателя. Таким образом, следующими диагностически значимыми показателями ФР спортсмена являются ЧДД и уровень СК. Значимые для оценки показатели получают в результате обработки комплекса биомедицинских сигналов. На основе анализа полученных показателей и изучения их динамики при различных уровнях ФН формируется заключение о физическом потенциале спортсмена и способностях его организма к реабилитации. Поэтому при оценке ФР необходимо оценивать динамику всех вышеперечисленных показателей на каждом этапе тренировочного процесса.

Одним из наиболее значимых признаков состояния спортсмена является динамика показателей в конкретные моменты времени. В ходе проведенных исследований было установлено, что после завершения тренировки наблюдается уменьшение ЧСС, ЧДД, АД и увеличение СК, ВСР и ее дисперсии (ДВСР). Это связано с увеличением работы при ФН, выполняемой организмом. Для выполнения этой работы в клетках организма повышается интенсивность сжигания углеводов, и, следовательно, увеличивается кровоток и ЧДД. С другой стороны, организм спортсмена приспосабливается к применяемым ФН, поэтому для адекватной оценки ФР, а также скорости восстановления, необходимо учитывать уровень продолжительности и интенсивности используемых ФН. ФР спортсмена – основной определяющий фактор скорости восстановления: чем он выше, тем короче период восстановления. На его продолжительность, также, значительное влияние оказывает абсолютная величина значений ЧСС по окончании ФН. Поэтому анализ динамики ЧСС в процессе восстановления имеет большую важность при оценке уровня ФР.

Таким образом, для проведения комплексной оценки ФР спортсмена необходимо использовать интегральные параметры сигналов: электрокардиограммы, дыхательных движений, фотоплетизмограммы и сигналов акселерометров, характеризующих работу дыхательной, сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем. Нами было произведено формирование комплекса показателей, распределенных по трем группам: статические, динамические и параметры, характеризующие процесс восстановления. К ним относятся: ЧСС, ВСР, ДВСР, АД, ЧДД и уровень СК. Интегральная оценка показателей комплексно отражает потенциальные возможности организма спортсмена.

## 2. Методы оценки ФР спортсмена

**Метод № 1** – Оценка статических показателей (СП) ФР, характеризующих уровень ФР спортсмена в текущий момент времени (t). Метод оценки осуществляется по следующей формуле:

$$X(t) = [ЧСС(t), ВСР(t), АД(t), ЧДД(t), СК(t), ФА(t)]$$

Суть метода заключается в проведении оценки СП в различные моменты времени. Например, для оценки ФР спортсмена целесообразно фиксировать следующие моменты: утром после пробуждения, до и по окончании тренировки. На основе полученных данных строится

график, на котором отражены примерные значения всех исследуемых физиологических параметров в различные моменты времени.

**Метод № 2** – Оценка динамических показателей ФР, характеризующих динамики изменений показателей за промежутки времени ( $\Delta t$ ). Метод оценки осуществляется по следующей формуле:

$$ДП(\Delta t) = [ЧСС(\Delta t), ВСП(\Delta t), АД(\Delta t), ЧДД(\Delta t), СК(\Delta t), ФА(\Delta t)],$$

где  $\Delta t = t_2 - t_1$  – разность между моментами времени, в которые проводилось исследование. Т.е. определяется динамика значений показателей за прошедший и следующий фиксированные моменты времени тренировочного процесса. Полученные ДП используются для определения уровня адаптационной реакции организма спортсмена под влиянием текущего состояния и уровня интенсивности ФН.

**Метод № 3** – Оценка показателей восстановления по комплексным показателям в течение всего промежутка времени после завершения ФН.

Данный метод можно считать показательным, т.к. динамика показателей ФР спортсмена является одним из основных определяющих факторов скорости восстановления: чем выше ФР, тем короче восстановительный период.

На продолжительность восстановительного периода, помимо вышеупомянутых показателей, также, значительное влияние оказывает интенсивность и продолжительность применяемых ФН во время тренировок.

### Список литературы

1. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение // тез. докл. IV Всеросс. симп. / отв. ред. Н.И. Шлык, Р.М. Баевский; УдГУ, Ижевск, 2008. – 344 с;
2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65-86.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, ПОДДЕРЖАНИЯ И НАВЯЗЫВАНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ С ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ТЕРАПИИ.

К.Д. Новожилова

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича*

**Аннотация.** В данной статье предлагается разработка системы контроля, поддержания и навязывания частоты сердечных сокращений с функцией электроимпульсной терапии и дистанционным мониторингом для оказания своевременной помощи пациентам с тяжелыми видами аритмий (мерцательная аритмия, желудочковая тахикардия).

*Ключевые слова:* нарушение ритма сердца, кардиостимулятор, дефибрилляция.

Аритмии являются одной из важнейших проблем здравоохранения, так как в значительной степени связаны с повышенным риском сердечно - сосудистых осложнений, и приводят к снижению качества жизни, инвалидности и высокой смертности. Ежегодно, по данным Минздрава, от внезапной остановки сердца в России погибают триста тысяч человек, и около половины из них – подростки.

Причинами этого опасного состояния неправильное распространение и воздействие на сердце электрических импульсов, инициирующих сердечные сокращения, что ведет к патологически быстрому, неритмичному и дезорганизованному сердцебиению, которое называется фибрилляцией сердца. В зависимости от того, какие отделы сердца поражены, выделяется фибрилляция предсердий (мерцательная аритмия) и желудочков (желудочковая

тахикардия). При мерцательной аритмии предсердия сокращаются от 250 до 700 раз в минуту. Такое состояние само по себе не угрожает жизни пациента, однако может вызвать осложнения — в частности кардиоэмболический инсульт (попадание сформировавшегося в полости предсердия тромба в артерии, питающие головной мозг). Также фибрилляция предсердий ухудшает гемодинамику и приводит к постепенному, но неминуемому развитию сердечной недостаточности. Фибрилляция желудочков (с частотой до 300 уд/мин), в свою очередь, является жизнеугрожающим состоянием — последним этапом сердечной деятельности перед полной остановкой сердца. Сама по себе такая форма фибрилляции не проходит. В этой ситуации жизнь пациента будет зависеть от того, насколько быстро будет оказана медицинская помощь (выполнена электрическая дефибрилляция).

Целью данного проекта является разработка модели имплантированного устройства кардиовертера – дефибриллятора (ИКД) с дистанционным мониторингом для незамедлительного оказания медицинской помощи пациентам с фибрилляцией сердца, а также контроля за состоянием здоровья пациента на удаленном расстоянии.

Сама система состоит из нескольких блоков: кардиостимулятор с электродами вживленными в сердце пациента, помещенный под кожу и связанный с ним внешний приемопередатчик, который собирает и передает необходимую информацию о состоянии пациента на внешний блок с аналогичным приемопередатчиком и далее по тем или иным каналам связи в центр мониторинга.

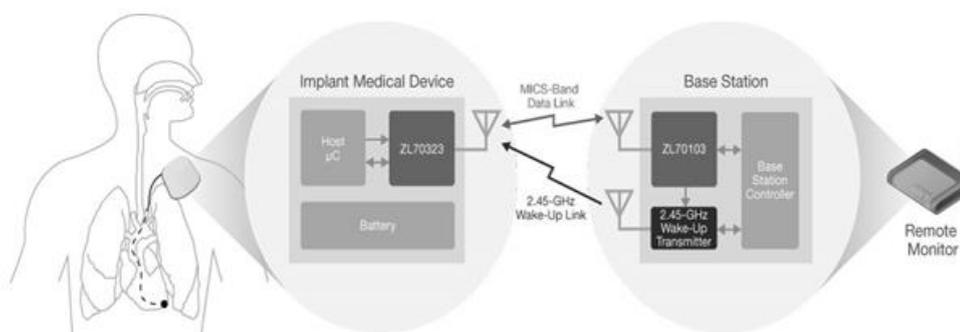


Рис.1. Структурная схема системы контроля, поддержания и навязывания ЧСС.

Разрабатываемое устройство построено на микроконтроллере STM32L081KZ фирмы ST Microelectronics и паре современных специализированных микросхем для медицинского применения, реализующих канал связи между вживляемым блоком и внешним носимым блоком ZL70103, ZL70323 компании Microsemi. В случаях выхода параметров работы сердца за пределы прибор будет наносить безболезненные электрические импульсы для устранения аритмии. Если возникает серьезное нарушение, предшествующее остановке сердца, перед тем, как пациент может упасть в обморок, устройство будет наносить электрический разряд, восстанавливающий работу сердца.

С помощью имеющегося канала связи с вживляемого блока на внешний блок будут предоставляться информация о частоте спонтанного ритма и симпато-парасимпатическом балансе, которая позволит врачу в реальном времени оценивать эффективность проводимой терапии и оперативно вносить требуемые коррективы.

### Список литературы

1. Физиология сердечно-сосудистой системы - Морман Д., Хеллер Л.. Питер. 2000г;
2. Аритмии сердца. Механизмы, диагностика, лечение. Под редакцией В. Дж. Мандела. Москва, Медицина, 1996;
3. Затонская Е.В., Матюшин Г.В., Гоголашвили Н.Г., Новгородцева Н.Я. Эпидемиология аритмий (обзор данных литературы) ГБОУ ВПО Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого МЗРФ. 2017;
4. Корневский Н.А. Узлы и элементы медицинской техники. 2009.

## РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА КАЛИБРОВКИ ТРЕНАЖЕРОВ ЭКГ

А.М. РАГЕБ

Забота о совершенствовании системы здравоохранения всегда имела большое значение.

Актуальность этого развития заключается в влиянии на улучшение качества системы здравоохранения наряду с состоянием здоровья человека.

Имитатор ЭКГ наблюдает за калибровкой аппаратов ЭКГ, включая мониторинг и диагностику. Таким образом, важно быть полностью уверенным в том, что симулятор ЭКГ работает в соответствии с их спецификациями, чтобы обеспечить хорошую производительность электрокардиографов. Целью этого метода является описание процедуры калибровки для тренажеров ЭКГ.

Разработанный усилитель в Matlab был построен для усиления слабого сигнала от симулятора ЭКГ, чтобы осциллограф отображал его, чтобы иметь возможность измерять его амплитуду и частоту и сравнивать его со спецификациями производителя.

Усилитель был откалиброван с использованием Matlab, в результате была получена калибровочная кривая и уравнение.

Этот метод требовал создания электрического усилителя для наблюдения формы сигнала на осциллографе в реальном времени и измерения параметров ЭКГ, таких как амплитуда и период.

### Резюме метода

Следующая процедура состоит из трех основных компонентов:

симулятор ЭКГ, рассматриваемый как тестируемое устройство; усилитель, который представляет собой домашнюю схему с операционными усилителями (операционный усилитель).



Рис. 1.

Эта схема используется для усиления малых напряжений на симуляторах ЭКГ для отображения на осциллографе, приблизительно от 0,2 мВ до 1 В, в зависимости от марки и модели симуляторов ЭКГ.

Третьим основным компонентом является осциллограф, устройство, на котором будут отображаться характерные волны и использоваться для измерения амплитуд и периодов.

Затем данные будут собираться и анализироваться в специальном формате MS-Excel, чтобы узнать конкретное значение усиления усилителя, получить значение напряжения от имитаторов

ЭКГ и, наконец, получить оценку, соответствует ли тестируемое устройство техническим характеристикам.

визуальное представление и блок-схема массива для усиления и отображения волн от симуляторов ЭКГ.



Рис. 2. Общий алгоритм работы программы

Выходной сигнал от усилителя поступает непосредственно на вход осциллографа, где производится измерение. Отображение кривой ЭКГ с помощью осциллографа дает дополнительную информацию о форме волны; например, наблюдая точную форму выходного сигнала, сравните его с физиологически корректным, чтобы подтвердить хорошие характеристики и получить точность для полной волны, а не только самого высокого напряжения

Основным преимуществом этого проекта является недорогое строительство. По этой причине, рассмотрение этого проекта в качестве отличного прототипа для проектирования и создания для студентов-бакалавров, таких как биомедицинские или инженеры-электрики, чтобы понять некоторые принципы метрологии, и в то же время применять и сочетать электрические и физиологические концепции человека.

Система может быть легко транспортирована для калибровки стороннего оборудования, когда это необходимо. Как только вы полностью понимаете концепцию, важность и физиологические аспекты; действительно легко воспроизвести и систематизировать процесс калибровки.

На основании алгоритма определяются параметры сигнала ЭКГ

Сигналы ЭКГ классифицируются в соответствии со значениями параметров, по которым обнаруживаются ненормальные случаи, а ошибки, которые вызывают сигналы, возникающие в результате дефектов в устройстве, исследуются согласно следующей диаграмме.

### **Проблемы и улучшения**

В ходе экспериментов и разработки метода возникли некоторые проблемы и были определены области возможностей для дальнейшей работы.

Одной из основных проблем, которые были обнаружены при выполнении первых испытаний опытного образца усилителя, было изменение фазы выходного сигнала на осциллографе. Это не проблема, которая влияет на измерения, поскольку осциллограф имеет функцию изменения положения сигнала для лучшего обзора. Однако эта проблема может быть улучшена в будущем.

Все симуляторы ЭКГ отличаются друг от друга и дают разные диапазоны амплитуд напряжений, по этой причине невозможно получить данные, и для получения этих значений совершенно необходимо искать руководства производителя.

## **Выводов**

В этом документе обсуждались физиологические и электронные принципы ЭКГ и симуляторов ЭКГ, чтобы полностью объяснить и понять процедуру калибровки для симулятора ЭКГ.

Этот метод создания электрического усилителя для наблюдения формы сигнала на осциллографе в реальном времени и измерения параметров ЭКГ, таких как амплитуда и период. Также потребовались обширные расчеты неопределенности для правильной калибровки. Это означает, что это может быть оптимальным для целей обучения по биометрологии.

Биометрология является неисследованной областью исследования, которая имеет большой потенциал для улучшения медицинской помощи в больницах и клиниках. В течение всего процесса, начиная с момента поступления в больницу, пациент находится в постоянном взаимодействии с медицинским оборудованием, которое необходимо откалибровать, чтобы обеспечить его хорошую работу и избежать каких-либо неправильных прочтений и ошибочных диагнозов.

# **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭКГ И ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ**

В.А. СИМОН

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

*им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Рассмотрено устройство для одновременной регистрации электрокардиограммы и фотоплетизмограммы. Описана структурная схема данного устройства и метод регистрации сигналов. Предложены варианты применения разработанного устройства в сфере здравоохранения.

*Ключевые слова:* электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, фильтр, аналого-цифровой преобразователь.

Согласно информации Всемирной организации здравоохранения, главной причиной летальных исходов в мировом масштабе являются заболевания сердечнососудистой системы, такие как инфаркт, инсульт, гипертония, сердечная недостаточность, порок сердца, нарушение периферического артериального кровообращения [1]. В 2016 году в мире зарегистрировано почти 18 млн. смертельных случаев от сердечнососудистых заболеваний, что составило треть от общемирового числа всех летальных исходов. Причиной возникновения данных заболеваний является употребление высококалорийной жирной пищи, курение табачных изделий и недостаток двигательной активности.

Профилактика сердечнососудистых заболеваний включает регулярное выполнение физических упражнений, в том числе на открытом воздухе, постепенный отказ от употребления табачной продукции, изменение рациона в пользу зерновых продуктов, фруктов, овощей, диетического мяса и рыбы. Также важной профилактической мерой является регулярная диспансеризация, в рамках которой проводится кардиологическое обследование. Однако следует заметить, что в странах со средним и низким уровнем среднедушевого дохода перечисленные профилактические меры не всегда реализуемы в достаточной мере в силу недоступности качественных медицинских услуг и продуктов питания, чрезмерной продолжительности рабочего дня, а также депрессии, чувства безысходности и безразличного отношения к своему здоровью у населения.

Появление на рынке потребительской электроники большого количества стационарных и носимых устройств для мониторинга параметров функционирования сердечнососудистой системы: артериального давления, пульса, насыщения крови кислородом, позволило населению контролировать состояние своего здоровья в комфортных неклинических условиях. Стоимость

таких устройств, за исключением небольших фитнес-браслетов любительского класса, остается достаточно высокой, особенно в сегменте рынка, представленного аппаратурой для электрофизиологической диагностики. Отчасти это связано с необходимостью сертификации изготовленного устройства в качестве медицинского оборудования, а также с особенностями маркетинга и продаж в розничных торговых сетях.

Тем не менее, для регулярного использования в домашних условиях лицами с сердечнососудистыми заболеваниями могут быть приобретены относительно недорогие устройства, не имеющие встроенного экрана или принтера, подключаемые к компьютеру по USB интерфейсу. Данные, полученные с помощью подобных устройств, могут быть визуализированы на компьютере в различных программах, отправлены лечащему врачу, а также обработаны с целью выявления паттернов, характерных для того или иного заболевания. Для увеличения объема диагностически значимых данных целесообразно регистрировать несколько сигналов из одного источника, например, разные отведения электрокардиограммы (ЭКГ), или сигналы от разных измерительных преобразователей.

В настоящей работе рассматривается устройство для одновременной регистрации одного отведения ЭКГ и фотоплетизмограммы (ФПП) [2]. Тракт ЭКГ состоит из усилителя разности потенциалов между двумя электродами, расположенными на левой половине груди, генератора инвертированной синфазной помехи, подключаемого к индифферентному электроду, фильтров [3] и дополнительного усилителя. Тракт ФПП состоит из инфракрасного (ИК) светодиода с длиной волны 940 нм, комплементарного по спектральной чувствительности [4] ИК фототранзистора, подключенного по фотодиодной схеме, полосового фильтра и усилителя. Тракты ЭКГ и ФПП коммутируются поочередно к входу аналого-цифрового преобразователя (АЦП) посредством аналогового свитча с управлением от цифрового сигнала (логический «0» или «1»).

Все перечисленные элементы составляют аналоговый блок, питающийся исключительно от батареи и гальванически развязанный через оптроны от цифровой части во избежание помех от электросети и компьютерных интерфейсов. Цифровая часть состоит из микроконтроллера (МК) с записанной во флеш-память программой [5], подключенного к компьютеру по интерфейсу USB. МК получает данные от АЦП и управляет подключением трактов ЭКГ и ФПП через свитч к АЦП. Данные от АЦП передается на компьютер в терминал, например, в PuTTY, где они могут быть сохранены в формате .CSV для визуализации и анализа [6–11].

Описанное устройство может быть использовано пациентами на дому для контроля состояния сердечнососудистой системы, а также в поликлиниках и центрах реабилитации.

### Список литературы

1. Всемирный атлас профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и борьбы с ними / Под ред.: Mendis S, Puska P, Norrving B. – Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 2013;
2. Simon V. A., Gerasimov V. A., Kostrin D. K., Selivanov L. M., and Uhov A. A. / Analog-digital educational setup for electrocardiogram and photoplethysmogram registration // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2089. P. 020018;
3. Симон В.А., Герасимов В.А., Кострин Д.К., Селиванов Л.М., Ухов А.А. / Режекторный фильтр с настраиваемыми параметрами // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2017. № 5. С. 3-9;
4. Kostrin D. K., Uhov A. A., and Simon V. A. / Optimization of the process of biomedical signals registration using an optical spectrometer // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2089. P. 020013;
5. Кострин Д.К., Ухов А.А., Герасимов В.А., Селиванов Л.М., Симон В.А., Сенотрусова Е.А. / Программа для получения данных от электроэнцефалографического (ЭЭГ) монитора («EEGMon2PC») / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2018611813 19.12.2017;
6. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostrin D.K., Selivanov L.M., Uhov A.A. / Single-channel electroencephalograph for monitoring the depth of anaesthesia // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 881. С. 012021;
7. Симон В.А., Герасимов В.А., Кострин Д.К., Селиванов Л.М., Ухов А.А. / Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии // SibTest 2017. Сборник тезисов IV международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле. Томск, 2017. С. 110;

8. Simon V.A., Gerasimov V.A., Kostrin D.K., Selivanov L.M., Ukhov A.A. / One-channel EEG monitor for tracking the depth of narcosis // Физика.СПб. Тезисы докладов международной молодежной конференции. СПб., 2017. С. 37-38;
9. Симон В.А., Аношкин С.С., Загоскин А.М., Овчинников Д.В. / Одноканальный электроэнцефалограф для контроля глубины наркоза // 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. Труды конференции. СПб., 2017. С. 440-441.
10. Симон В.А., Аношкин С.С., Загоскин А.М., Овчинников Д.В. / Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии // С. 279-280.
11. Симон В.А., Загоскин А.М., Овчинников Д.В. / Устройство для регистрации разности биопотенциалов // Наука настоящего и будущего. Сборник материалов конференции. СПб., 2018. С.451-453.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОЛОНИЙ БАКТЕРИЙ В МИКРОФЛЮИДНОЙ ПОДСИСТЕМЕ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ-НА-ЧИПЕ**

Е. П. КАРИБДЖАНОВА, В. Е. ЛЕМОЗЕРСКИЙ, Т. М. ЗИМИНА

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

**Аннотация.** Приведены теоретические сведения о поверхностных акустических волнах, рассмотрены возможности их применения в лаборатории – на – чипе для реализации различных задач, связанных с экспресс-диагностикой. Приведены результаты экспериментов по позиционированию клеток пекарских дрожжей на подложке из ниобата лития под воздействием поверхностных акустических волн, генерируемых встречно-штыревым преобразователем.

*Ключевые слова:* поверхностные акустические волны, лаборатория - на – чипе, позиционирование колоний бактерий, встречно-штыревой преобразователь, экспресс – диагностика.

В настоящее время большой интерес вызывают достижения в новой междисциплинарной области – лаборатории-на-чипе (ЛНЧ), которая появилась благодаря миниатюризации и применению технологий микроэлектроники в задачах аналитической химии, медицинской диагностики и биохимии. Это позволило создать миниатюрные интегрированные аналитические приборы нового типа реализующие высокую скорость и точность анализа. [1]

С помощью диагностических приборов на основе ЛНЧ в пробе можно определять молекулярные маркеры болезни, идентифицировать бактериальные и вирусные возбудители болезни. Одной из важных задач выполнения анализа с помощью ЛНЧ является контроль положения объектов (частиц, бактерий, бактериальных кластеров, зон растворенных биомолекул или капель) в каналах микрофлюидной системы.

Целью данной работы является разработка системы позиционирования колоний бактерий в экспресс-микробиологическом анализе. Представляется интересным использование акустической актюации, сгенерированной встречно-штыревыми преобразователями (ВШП) на поверхности кристалла, поскольку этот подход является бесконтактным, гибким и позволяет осуществлять многообразие конструкций и функций.

На основе сравнительного анализа пьезоматериалов выбран пьезоэлектрик из группы псевдоильменитов – ниобат лития<sup>1</sup>, т. к. высокое значение коэффициента электромеханической связи и оптимальное значение скорости ПАВ обеспечивает его применение в данной разработке. Был выбран ВШП с шириной электрода 100 мкм, длина излучаемой волны составляет 400 мкм соответственно. [2]

Формирование ВШП проводили путем стандартной процедуры фотолитографии. В качестве исследуемого образца использовали суспензию пекарских дрожжей.

<sup>1</sup> Образец кристалла ниобата лития любезно предоставлен Койгеровым А. С.

В ходе работы показано влияние акустического поля от однопарного ВШП на суспензию. Размер клеток составлял порядка 50 мкм. В результате эксперимента при включении генератора переменного напряжения на резонансной частоте для встречно – штыревого преобразователя клетки в суспензии смещались и выстраивались в характерную волновую картину с расстоянием между соседними дорожками порядка 50 мкм (рис.1). Действующее напряжение генератора  $U=3,6$  В, частота составила  $f=10$  МГц. Исследованы материалы на степень поглощения ПАВ волн, эффективность и скорость формирования волновой картины.

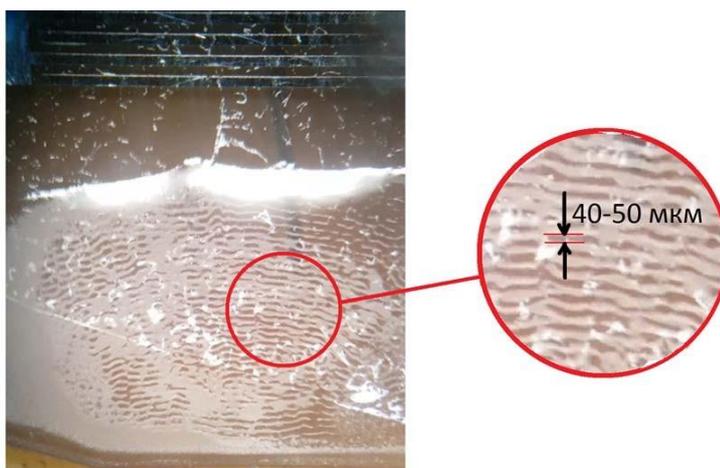


Рис. 1. Выстраивание клеток дрожжей в волновую картину

### Заключение

Эксперименты показали применение и актуальность данного эффекта в разработке устройств для позиционирования объектов в каналах и на создание МЕМС- ключей в модулях ЛНЧ.

### Список литературы

1. Зими́на, Т.М., Лаборатории на чипе для телемедицины / Биотехносфера. 2012. № 1. С. 5-15;
2. Бальшева, О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств: учеб. пособие/ГУАП. – СПб, 2005. 50 с.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

М. ТКАЧЕНКО

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

**Аннотация.** Сердечно-сосудистые болезни всегда имели большую долю среди человеческих недугов. В последние годы все более молодые поколения подвержены проблемам с сердцем. В связи с этим возрастает необходимость использования методик, которые бы с минимальными затратами могли давать максимальный результат. Стимуляция блуждающего нерва хорошо зарекомендовала себя с первых ее испытаний. Незамедлительное благоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему испытуемых, позволяет разрабатывать на базе этой методики устройства, для лечения всех упомянутых проблем.

*Ключевые слова:* блуждающий нерв; стимуляция; болезни сердца; устройство; разработка.

### Разработка устройства для стимуляции блуждающего нерва

Устройство работает по базовому принципу. На электроды, подключенные определенным образом в ушной раковине пациента подается постоянный или переменный ток, через трагус он воздействует на блуждающий нерв, вынуждая его влиять на работу сердца.

Главной задачей устройства будет стимулировать блуждающий нерв, для коррекции работы сердца.

Устройство представляет из себя ряд повышателей и преобразователей для гибкой настройки подаваемого сигнала. Также имеется возможность переключать полярность импульсов, что позволяет воздействовать постоянным и переменным токами.

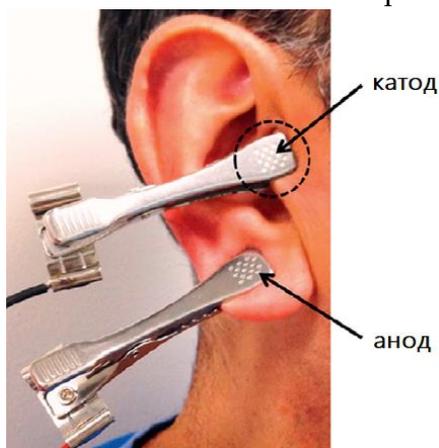


Рис. 1. Крепление электродов устройства

Разработка принципиальной схемы

Принципиальная схема представлена на рисунке 2.

Данная схема поделена на основные ее части:

1. Питание включает в себя LiPo аккумулятор, для длительной автономной работы при низком энергопотреблении. Имеется возможность повторной зарядки аккумулятора, что значительно упрощает эксплуатацию.

2. Схема с повышателем напряжения, которая устанавливает необходимый уровень сигнала, приходящего с микроконтроллера. Повышатель соединен с переменным сопротивлением, которое позволяет изменять напряжение и силу тока подаваемого сигнала. На выходе размещен транзисторный каскад, который позволяет переключать полярность подаваемых импульсов и воздействовать на пациента как постоянным, так и переменным током.

3. Микроконтроллер, главная вычислительная единица всего устройства. Управляет напряжением, выдавая нужный сигнал с заданными параметрами, позволяет управлять характеристиками выходного воздействующего сигнала и записывать все данные на съемный носитель.

4. Схема, служащая для регистрации и записи ЭКГ сигнала, собрана на аналоговом front-ende от Analog Device. Он собирает необходимые данные и отправляет их на микроконтроллер для последующей обработки.

5. Слот для подключения карты памяти microSD для записи длительных фрагментов сигнала ЭКГ и дальнейшей работы с ним.

6. Bluetooth-модуль, необходимый для передачи данных на микроконтроллер. Получая в реальном времени сигнал ЭКГ с регистратора (2) мы можем принимать решения об изменении параметров подаваемого сигнала, для регулирования силы стимуляции. Таким образом изменяя напряжение, полярность есть вероятность достичь необходимого нам результата: улучшения в работе сердечно-сосудистой системы пациента.

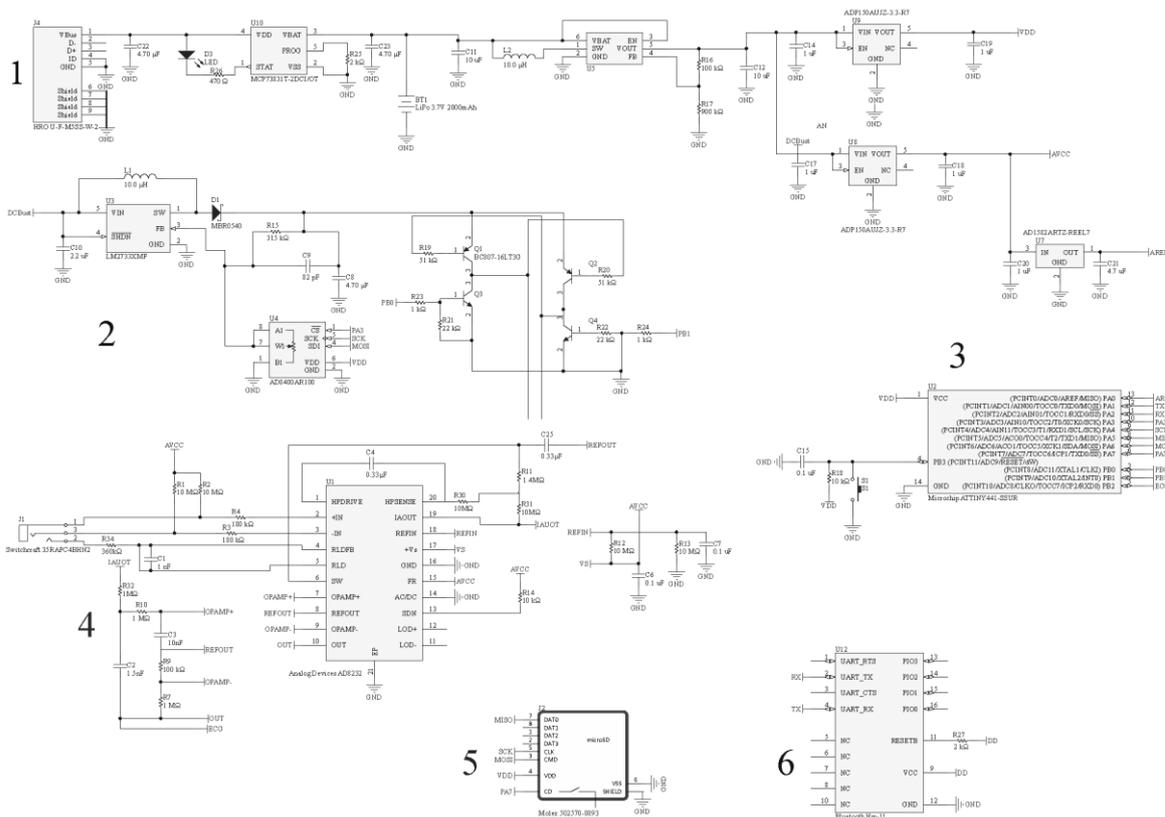


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

В данном устройстве в качестве микроконтроллера был выбран Atmel ATtiny441. Т.к. устройство создано для портативного использования, оно не должно потреблять много энергии и при этом быть способным осуществлять весь спектр необходимых расчетов. Наш микроконтроллер (МК) потребляет 1,8-5,5В при тактовой частоте работы в 4МГц, что позволяет нам выполнять весь необходимый для работы перечень манипуляций. Главным преимуществом является наличие интерфейсов SPI и UART для связи с другими составляющими устройства. МК осуществляет формирование и частичную конфигурацию сигнала, подаваемого на цифровое сопротивление для контроля уровня напряжения посредством интерфейса SPI (пины MOSI, SCK, PA3). Также посредством пинов PB0, PB1 МК соединяется с выходным транзисторным каскадом, формирующим полярность выходного сигнала. Посредством интерфейса UART происходит связь с Bluetooth модулем (пины RX, TX) для передачи зафиксированных регистратором ЭКГ сигналов на МК с дальнейшей постобработкой. После получения по Bluetooth данные отправляются по SPI (пины MOSI, SCK, PA7) на съемный носитель данных формата microSD, что позволяет фиксировать продолжительные фрагменты сигнала ЭКГ и работать с ними на ПК.

## **Выводы**

Приведенной в данной статье устройство может послужить для нейромодуляции блуждающего нерва. Нейромодуляция является многообещающей неинвазивной терапией для лечения фибрилляций предсердий и связанных с ФП воспалений. Учитывая положительные эффекты стимуляции блуждающего нерва у пациентов с сердечной недостаточностью, нейромодуляция может обеспечить средства для лечения пациентов как с сердечной недостаточностью, так и с мерцательной аритмией с помощью одного метода лечения.

## **Список литературы**

1. Schachter SC, Wheless JW (2002) Vagus Nerve Stimulation 5 years after approval: a comprehensive update. *Neurology* 59, S15-S29.
2. Morris GL 3rd, Gloss D, Buchhalter J, Mack KJ, et al (2013) Evidence-based guideline update: vagus nerve stimulation for the treatment of epilepsy: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 81(16):1453-9.
3. Panescu, Dorin (2005). Emerging Technologies: Vagus Nerve Stimulation for the Treatment of Depression. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*.
4. George, Mark S. et al. (2000). Vagus Nerve Stimulation: A New Tool for Brain Research and Therapy. *Biological Psychiatry*, 47, 287-295.
5. Ghanem T, Early SV. Vagal nerve stimulator implantation: an otolaryngologist's perspective. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2006; 135(1):46-51. PMID 16815181
6. Groves DA, Brown VJ. Vagal nerve stimulation: a review of its applications and potential mechanisms that mediate its clinical effects. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2005; 29: 493–500. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.01.004> PMID:15820552
7. Amar AP, Levy ML, Apuzzo MLJ. Vagus nerve stimulation for intractable epilepsy, in *Neurosurgical Operative Atlas*, S. Rengechary, Ed. Chicago, IL: American Association of Neurological Surgeons, 2000; 9: 179–188.
8. Ben – Menachem E. Vagus nerve stimulation, side effects, and long-term safety. *J Clin Neurophysiol*. 2001; 18(5): 415-8. <https://doi.org/10.1097/00004691-200109000-00005> PMID:11709646
9. Benjamin EJ, Wolf PA, D'Agostino RB, Silbershatz H, Kannel WB, Levy D. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation* 1998;98: 946–52.

## **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ АКТОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА**

Т.С. ТОКАРЧУК, Ю.О. БОБРОВА

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

*им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В данной работе разрабатывается математическая модель измерительного модуля регистрации актографического сигнала и имитационная модель на ее основе. Также представлены результаты моделирования состояния покоя.

*Ключевые слова: Имитационная модель, актографический сигнал, акселерометр, фетальная активность.*

Количество фетальных движений уже давно используется в качестве меры оценки благополучия формирования плода, но с развитием новых технологий этот показатель стал одним из первостепенных в постановке диагноза [1]. Активность плода является проявлением ранней нервной деятельности, следовательно, по этому показателю можно судить о развитии центральной нервной системы. Резкое сокращение двигательной

активности плода может указывать на начавшуюся гипоксию, а отсутствие движений на смерть плода.

В настоящее время существует несколько методов регистрации фетальной активности, однако все имеют свои недостатки, например, активными методами нет возможности пользоваться долгое время ввиду наличия оборудования только в медицинских учреждениях, а методы самоконтроля обладают достаточно малой чувствительности ввиду их субъективности.

С развитием датчиков на основе МЭМС и микропроцессоров с низким энергопотреблением в последнее время возрос интерес к малогабаритным и легким системам для сбора и обработки сигналов, связанных с движением. Таким образом появилась возможность разработки системы регистрации фетальной активности с использованием МЭМС устройств, а именно акселерометров.

Проверить возможность использования акселерометрической системы регистрации актографического сигнала можно с помощью метода имитационного моделирования. Разработка имитационной модели подразумевает учет стохастических факторов в объединении с простейшей аналитической моделью, а именно дифференциальным уравнение 2-го порядка [2]. Выходной сигнал акселерометрического преобразователя складывается из суммы составляющих:

1. полезный сигнал;
2. перекрестное взаимодействие осей (У многоосных датчиков);
3. постоянное смещение;
4. шум от электронной части;

Внешняя среда, а именно температура влияет на значения многих параметров модели, поэтому выходной сигнал принимает вид, описанный в формуле (1):

$$U(T, a(t)) = U_a(T, a(t)) + U_{ПВО}(a(t)) + U_{пост}(T) + U_{шум}(T) \quad (1)$$

Где,  $U_a(T, a(t))$  и  $U_{ПВО}(a(t))$  – Сигнал, преобразованный из ускорения по оси и влияния смежной оси.  $U_{пост}(T)$  – постоянная составляющая сигнала в зависимости от температуры.  $U_{шум}(T)$  – аддитивный белый шум электронной части акселерометра.

Динамическую часть преобразования ускорение – напряжение, представленную первыми двумя слагаемыми формулы (1), при выполнении эксплуатационных характеристик можно описать с помощью передаточной функции, представленной в формуле (2):

$$W(p) = \frac{1}{p^2 + 2 \cdot \xi \cdot \omega_0 \cdot p + \omega_0^2} \quad (2)$$

Сигнал движения плода, регистрируемый акселерометром, имеет частотный диапазон, не выходящий за предел диапазона физической активности человека, а именно: частоты от 0 до 20 Гц и амплитуды до 12g. Обнаружено, что более 90% мощности сигнала находится в диапазоне от 3 до 15 Гц, а предельные ускорения, передающиеся на поверхность живота, не превышают 3g [3]. Спектрограмма актографического сигнала представлена на рисунке 1.

С задачей регистрации сигнала движения плода может справиться цифровой акселерометр ADXL345. Датчик ускорений обладает широким выбором диапазонов измерений, включая  $\pm 2$  и  $\pm 4$  g, с функцией «full resolution», позволяющей при увеличении диапазона

измерения сохранять чувствительность 256 LSB/g. Также значащими преимуществами акселерометра является маленький коэффициент влияния измерительных осей друг на друга, он составляет 1% и относительно небольшие температурные зависимости [4].

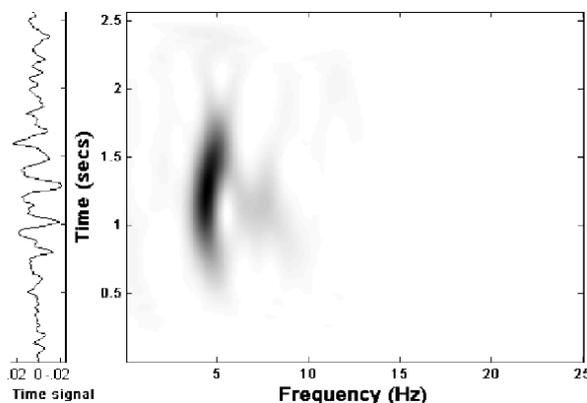


Рис. 1. Спектрограмма актографического сигнала

Используя математическую модель и параметры акселерометра была построена имитационная модель в среде Simulink, представленная на рисунке 2.

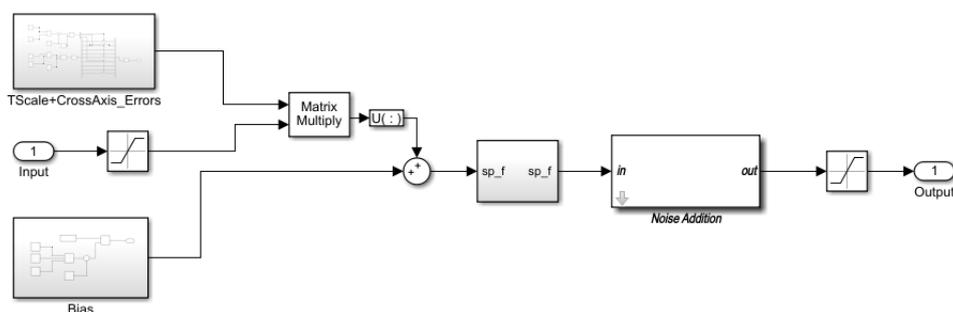


Рис. 2. Имитационная модель акселерометрического преобразователя

Испытание модели проводилось на сигнале покоя, так по осям действовали следующие ускорения:  $X=0g$ ,  $Y=0g$ ,  $Z=1g$ . На выходе преобразователя был получен сигнал, спектр которого представлен на рисунке 3.

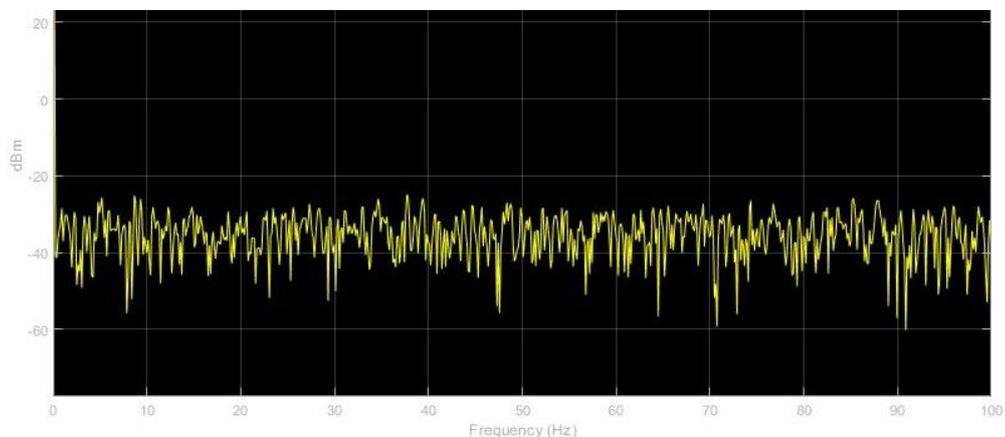


Рис. 3. Амплитудный спектр выходного сигнала с имитационной модели акселерометра

Результаты имитационного моделирования показывают возможность использования акселерометрического преобразователя в условиях реальной эксплуатации. Также, после

апробации имитационной модели спектр шума на выходе можно использовать для компенсации помех реального акселерометра ADXL 345.

### Список литературы

1. Боброва Ю.О. Особенности применения метода пассивной регистрации фетальных движений // Энергосбережение и эффективность в технических системах Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов. 2018. С. 383-384.
2. Khlif M. S. H. et al. A passive DSP approach to fetal movement detection for monitoring fetal health // Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA), 2012 11th International Conference on. – IEEE, 2012. – С. 71-76.W
3. Д.В. Павлов, К.Г. Лукин, М.Н. Петров. «Разработка имитационной модели MEMS-Акселерометра в среде Simulink» // Вестник НГУ 2016 №4(95), с 28-33.
4. ADXL345 datasheet [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ВЫРАЖЕННОСТИ НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА И КЛИНИЧЕСКОЙ СИМПТОМАТИКИ У ДЕТЕЙ С ИШЕМИЧЕСКИМИ ИНСУЛЬТАМИ

Г.М. ФЕДОТОВА

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

**Аннотация.** В работе приводится краткое описание педиатрических модификаций шкал исходов инсульта, по которым врач-невролог оценивает уровень выраженности неврологического дефицита и клинической симптоматики у детей, перенесших ишемический инсульт, приведены результаты программной реализации педиатрических модификаций шкал исходов инсульта.

*Ключевые слова:* ишемический инсульт, инсульт у детей

Одной из актуальных проблем современной медицины является рост числа регистрируемых случаев инсультов у детей. При исследовании выписных данных стационаров в течение десятилетнего периода выявлена заболеваемость инсультом у детей 2,3 на 100000 человек в год с преобладанием ишемического инсульта (1,2 на 100000 в год) над геморрагическим (1,1 на 100000 в год) [3]. Популяционные исследования показали, что смертность при детских инсультах достигает 8% [1].

Важное значение при лечении данной патологии имеет правильная оценка уровня выраженности неврологического дефицита и клинической симптоматики у детей с ишемическим инсультом. В настоящее время врач-невролог вручную оценивает состояние пациента, используя различные шкалы исходов инсульта. Автоматизировав этот процесс, можно облегчить работу врача, что могло бы поспособствовать более быстрому назначению подходящего лечения, и, следовательно, – восстановлению здоровья пациента. Таким образом, целью настоящей работы является разработка программного модуля для автоматизации оценки уровня выраженности неврологического дефицита и клинической симптоматики у детей с ишемическими инсультами. Для достижения цели было необходимо произвести обзор современных подходов к оценке уровня выраженности неврологического дефицита и клинической симптоматики у детей, перенесших ишемический инсульт, выбрать шкалы, работа с которыми должна быть автоматизирована, и разработать программный модуль, реализующий выбранные шкалы.

В качестве языка программирования был выбран Python, получивший достаточно высокую популярность при создании медицинских приложений.

В разработанном программном модуле были реализованы следующие шкалы:

- PedNIHSS – педиатрическая модификация шкалы инсульта Национального Института Здоровья США (National Institutes of Health Stroke Scale). Тестовые задания для исследования выводятся в окно графического пользовательского интерфейса. После проведения исследования врач выставляет правильную на его взгляд оценку нажатием соответствующей кнопки, после чего появляется следующее задание (Рисунок 1). Оценка «9» ставится только в особых случаях, описанных в задании (например, ампутация конечности при исследовании движения конечностей), не учитывается при подсчете суммарного балла и требует уточнения причины ее выставления.

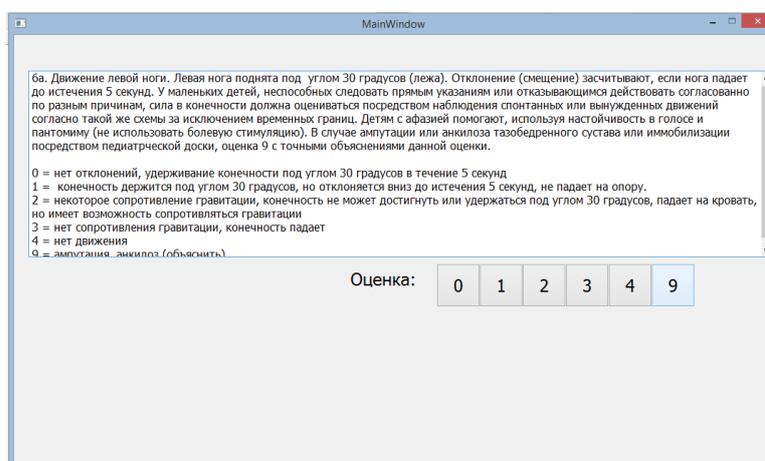


Рис. 1 Исследование ба шкалы PedNIHSS

После проведения всех исследований в окно выводится суммарный балл всех исследований, предусмотренных данной шкалой, а также пометки с названиями тех исследований, где была выставлена оценка «9». Результат исследований интерпретируется динамикой суммарного балла на 2, 3, 4, 5, 14, 21 и 28 сутки после поступления в лечебное учреждение [2].

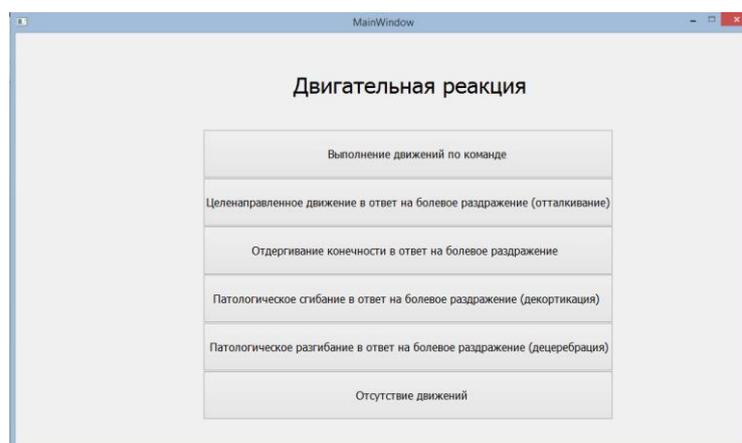


Рис. 2 Тест шкалы Глазго

- Модифицированная шкала Глазго – детская шкала комы, представленная в двух вариантах: для обследования детей младше и старше 4 лет. Исследование состоит из трех тестов, оценивающих реакцию открывания глаз, речевые и двигательные реакции (Рисунок

2). За каждый тест начисляется определенное количество баллов. В тесте открывания глаз – от 1 до 4, в тесте речевых реакций – от 1 до 5, в тесте на двигательные реакции – от 1 до 6 баллов.

После прохождения трех тестов выводится результат. Максимальный суммарный балл – 15 (ясное сознание), минимальный – 3 (гибель коры головного мозга) [2].

- PSOM-SNE – педиатрическая шкала исходов инсульта с коротким неврологическим исследованием в двух вариантах: для детей в возрасте до 2 лет и для детей старше 2 лет. Задание для исследования выводится в окно пользовательского интерфейса. После проведения исследования врач выставляет одну из трех оценок: «не оценен», «нормальный» или «измененный» (Рисунок 3). Каждое исследование относится к одной из пяти групп: сенсомоторный дефицит (для левой и правой стороны), речевые нарушения – продукция, речевые нарушения – понимание, когнитивные или поведенческие нарушения.

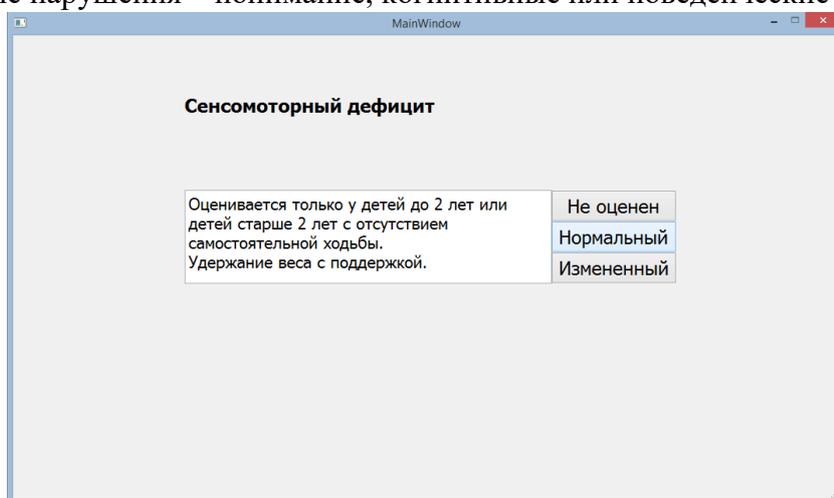


Рис. 3 Исследование шкалы PSOM-SNE в категории Сенсомоторный дефицит

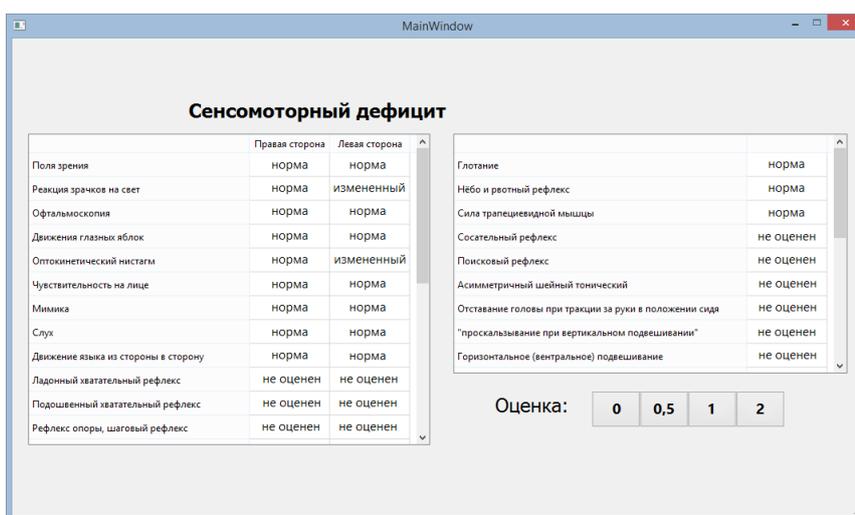


Рис. 4 Результаты исследований в категории Сенсомоторный дефицит

После проведения всех исследований результаты сводятся для наглядности в таблицу. По каждой из групп исследований врач выставляет оценку 0, 0,5, 1 или 2 нажатием соответствующих кнопок (Рисунок 4).

Оценка 0 ставится при отсутствии дефицита, оценка 0,5 – минимальный дефицит без функциональных нарушений, оценка 1 – умеренный дефицит, незначительные

функциональные нарушения, оценки 2 – выраженный дефицит, выпадение функции. После того как оценки по каждой категории будут выставлены, в окно выводится суммарный балл. Минимальный суммарный балл – 0 (отсутствие дефицита), максимальный – 10 (глубокий дефицит) [1].

Таким образом, результаты работы позволят облегчить и ускорить работу врача-невролога при обследовании ребенка, за счёт автоматизации процесса постановки диагноза.

### Список литературы

1. Методические рекомендации Ишемические инсульты у детей / сост.: А.В. Минин, А.Б. Пальчик, К.И. Пшеничная. СПб. 2016;
2. Инсульт / под. ред. Д.Р. Хасановой, В.И. Данилова, изд-во «ГЭОТАР-Медиа», 2018;
3. Мировая статистика здравоохранения / <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2018/world-health-statistics-2018/ru/>.

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА-ГАСТРОЭНТЕРОЛОГА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КИШЕЧНИКА

Н.М. ШЕЛЯКИНА<sup>1</sup>, М.И. СКАЛИНСКАЯ<sup>2</sup>, А.А. СМИРНОВ<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Северо-Западный государственный медицинский университет  
имени И.И. Мечникова*

**Аннотация.** В работе рассматривается возможность создания системы поддержки принятия решения врача-гастроэнтеролога при диагностике воспалительных заболеваний кишечника. Рассмотрена актуальность темы, предложена методика диагностики воспалительных заболеваний кишечника на основе анализа изображений с помощью нейронных сетей.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия решений, анализ изображений, нейронные сети, болезнь Крона, язвенный колит.

### Актуальность

Для современной гастроэнтерологии в настоящее время проблема воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК) приобретает все большую актуальность в связи с прогрессивным ростом заболеваемости и высокой социальной значимостью. ВЗК (язвенный колит и болезнь Крона) представляют собой сложные, неконтролируемые и многофакторные заболевания, с хроническим, рецидивирующим и прогрессирующим течением, требующие междисциплинарного подхода, направленного на увеличение эффективности консервативной терапии и снижения рисков осложнений.

Несмотря на отсутствие единой базы данных, отражающих полную статистическую картину, отдельные эпидемиологические исследования демонстрируют распространенность ВЗК на уровне 19,3–29,8 на 100 тысяч населения для язвенного колита (ЯК) и 3,0–4,5 на 100 тысяч населения для болезни Крона (БК). По данным Комитета Совета Федерации по социальной политике на 2016 год распространенность ВЗК в России составляет 16,6 случаев на 100 тысяч населения для ЯК и 5,6 случаев на 100 тысяч населения для БК, с приростом 11,29 % для ЯК и 13,7% для БК по сравнению с предыдущими отчетными периодами [1–3].

Важным условием для успешного лечения воспалительных заболеваний кишечника является правильная и своевременная диагностика. В России средний срок постановки диагноза от появления первых симптомов заболевания составляет от 1 до 1,5 лет при ЯК и 2,5–3,5 года при БК, а поздняя, несвоевременная диагностика приводит к увеличению числа тяжелых форм заболевания.

В связи с отсутствием так называемого “золотого стандарта” диагностики ВЗК дифференциальный диагноз между его формами может быть затруднен, например, когда воспаление при БК ограничено толстой кишкой, где эндоскопические признаки ЯК и БК могут частично совпадать. Необходимость в постановке точного диагноза продиктована отличием течения данных заболеваний, исходов и прогноза, а также различиями в подходах к медикаментозному лечению и оперативному вмешательству [2, 3].

Сложность краткосрочной диагностики, но ее экстремальная необходимость, отсутствие единых критериев постановки диагноза, но при этом высокая социальная и медицинская значимость: требуют разработки новых алгоритмов и методик выявления и дифференциации форм ВЗК.

Таким образом, целью настоящего исследования являлась разработка методики диагностики ВЗК на основе возможности распознавания эндоскопической картины заболеваний и ее программная реализация.

#### Материалы и методы

На первом этапе исследования нами была решена задача анализа изображений и их классификации на предмет наличия или отсутствия у пациента патологии. Для этого были использованы модели на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Данный выбор определялся преимуществом ИНС перед другими методами, заключающемся в способности к самообучению, саморегуляции и быстрдействию [4]. Следует отметить, что в настоящее время уже наблюдается применение ИНС для решения проблем диагностики и прогнозирования гастроэнтерологических заболеваний.



*Рис. 1. Эндоскопическая картина сигмовидной кишки без патологий*

Для построения ИНС было использовано приложение Neural Network Toolbox из пакета прикладных программ MATLAB. Нами использовались сети типа многослойный персептрон (МП) как наиболее распространенный вариант сети при решении задач подобного типа. Для обучения ИНС были использованы изображения трех типов: эндоскопической картины сигмовидной кишки человека без патологий, эндоскопической картины ЯК и БК.

Первая сеть, решающая задачу классификации изображений на предмет наличия или отсутствия патологии, была обучена на массиве, представленном двумя классами изображений:

29 изображений соответствуют «норме» и 29 – «патологии». Класс «патология» состоит из 14 изображений БК и 15 – ЯК. Размер каждого изображения составлял 616 x 524 пикселей. Примеры данных изображений приведены на рис. 1.

На втором этапе исследования была построена нейронная сеть, решающая задачу дифференциации ВЗК. Она была обучена на массиве, состоящем из 124 изображений (по 62 изображений каждого класса патологий). Размер каждого изображения составляет 675 x 540 пикселей. Каждое изображение было предварительно переведено в режим градации серого, а затем в матрицу пикселей. На вход персептрона подавался вектор с количеством элементов, равным размеру изображения.

### Результаты

Для решения задачи выявления патологии была построена нейронная сеть вида МП 322784: 322784-10-2:2, показавшая среднюю точность 85,7%. Для решения задачи дифференциации БК и ЯК была построена нейронная сеть вида МП 364500:364500-20-2:2, показавшую среднюю точность 84,2% для контрольной выборки и 94,7% - для тестирующей.

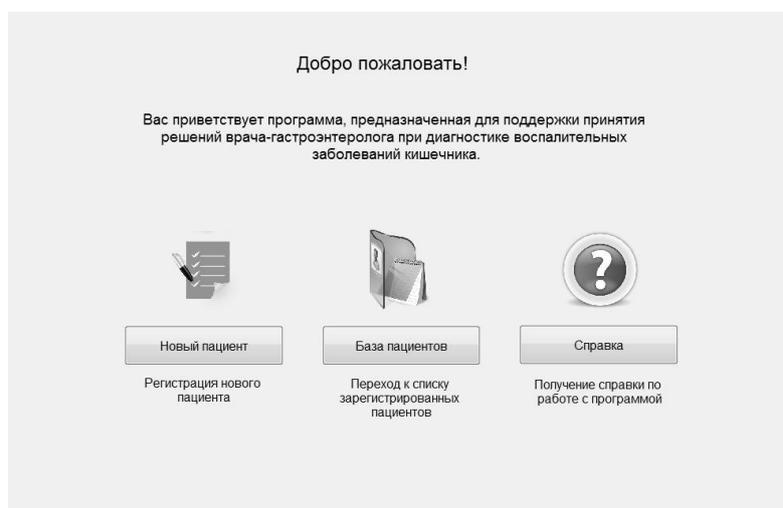


Рис. 2. Приветственное окно программы

Также на основе сети вида МП 364500:364500-20-2:2 была разработана программа, обеспечивающая поддержку принятия решения врача-гастроэнтеролога при дифференциальной диагностике БК и ЯК, приветственное окно которой изображено на рис. 2.

Программа позволяет просматривать записи из базы зарегистрированных пациентов и производить регистрацию новых пациентов (рис. 2).

Разработанная программа позволяет загружать эндоскопические изображения, а также выводит заключение системы о принадлежности изображения к одному из двух классов – БК или ЯК. Окончательный диагноз выбирается непосредственно врачом, и информация об обследовании заносится в базу данных (рис. 4).

Как можно видеть, наилучший результат показала нейронная сеть вида МП 364500:364500-20-2:2, значения точности классификации которой для тестирующей выборки оказалось равным 94,7%. Тем не менее, поскольку на контрольной выборке точность составила 84,2%, то планируется дальнейшая доработка полученных моделей с целью повышения достоверности их оценок. В частности, предполагается обучить сеть на

более большом массиве эндоскопических изображений, в том числе и имеющих более высокое разрешение.

Общие сведения о пациенте		Паспортные данные	
Фамилия	Иванов	Серия	4017
Имя	Иван	Номер	234567
Отчество	Иванович	Дополнительные сведения	
Пол	Мужской	Тип медицинской карты	Стационарная
Дата рождения	12.03.1997	Номер карты	12345

OK

Рис. 3. Окно регистрации нового пациента

Загрузить изображение

Заключение системы  
Болезнь Крона

Диагноз  
 Болезнь Крона  
 Язвенный колит

Выбранное изображение

Сохранить результат

Завершить обследование

Рис. 4. Окно обследования

Таким образом, поставленную задачу – разработку методики диагностики воспалительных заболеваний кишечника на основе анализа эндоскопических изображений и ее программную реализацию – можно считать в целом решённой. Полученные ИНС, после соответствующей доработки смогут быть использованы для решения задач классификации эндоскопических изображений кишечника на предмет наличия ВЗК, а также для дифференциации между болезнью Крона и язвенным колитом.

### Список литературы

1. Ткачев А.В., Мкртчян Л.С., Никитина К.Е., Волынская Е.И. Воспалительные заболевания кишечника: на перекрёстке проблем // Практическая медицина. 2012. №3 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vospalitelnye-zabolevaniya-kishechnika-na-perekryostke-problem> (дата обращения: 01.04.2019).
2. Бакулин И.Г., Жигалова Т.Н., Латария Э.Л., Сказываева Е.В., Скалинская М. И., Ситкин С.И., Попова Е.А. Опыт внедрения Федерального регистра пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника в Санкт-Петербурге. / Фарматека. 2017. №5-17. С. 56–59.
3. Бакулин И.Г., Авалуева Е.Б., Сказываева Е.В., Скалинская М.И. Воспалительные заболевания кишечника. – Карманное руководство. СПб.: Группа Ремедиум, 2018.
4. Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения // Вестник КузГТУ. 2007. №3. С. 38–42.

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ИННОВАТИКА

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИЙ КАЧЕСТВА (QFD) НА ПРИМЕРЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ КРЕМОВ

И.И. БАРАБАНЩИКОВА, В.В. КОЧЕРОВА

*Ярославский Государственный Технический университет*

**Аннотация.** В статье рассмотрен статистический метод разворачивания функций качества (QFD) на примере косметических кремов Nivea и Garnier. В результате анализа потребностей потребителей и сравнения кремов, был построен дом качества для крема Garnier, а также даны рекомендации по его улучшению.

*Ключевые слова:* метод QFD, дом качества.

Потребителям важно чтобы продукция, которую они приобретают, соответствовала их требованиям, поэтому производителям нужно с помощью статистических методов изучать их потребности и создавать такие продукты, характеристики которых будут соответствовать их желаниям. Структурирование функций качества (QFD) является одним из таких методов. Актуальность работы заключается в том, что данный метод способствует наглядности процесса разработки продукции, т.е. обеспечивает понимание ожиданий потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции, услуг и процессов с применением все большей и большей ориентации на установленные и предполагаемые потребности потребителей. Благодаря данной методологии, потребности потребителей с помощью матриц и таблиц переводятся в технические характеристики продукции и цели ее проектирования. Инструмент, которые используется в рамках QFD-методологии, называют домом качества. Всего существует четыре дома качества. Каждый последующий дом вытекает из предыдущего. Для преобразования пожеланий потребителей в технические характеристики используется первый дом.

Дом качества строится в несколько этапов:

– составляется реестр установленных и предполагаемых потребностей потребителей. Он вносится в поле «Ожидание потребителей». Также оценивается приоритетность (важность) этих пожеланий по пятибалльной шкале (где 1-очень плохо, 2-плохо, 3-удовлетворительно, 4-хорошо, 5-отлично). Эти данные вписываются в левую часть дома качества. Реестр можно определить с помощью опроса потребителей;

– сравниваются характеристики «нашей» продукции с продукцией конкурента и оценивается по пятибалльной шкале их качество (где 1-очень плохо, 2-плохо, 3-удовлетворительно, 4-хорошо, 5-отлично). Результаты отмечаются в поле с оценками;

– указываются целевые значения для каждого ожидания потребителей с помощью пятибалльной шкалы (где 1-очень плохо, 2-плохо, 3-удовлетворительно, 4-хорошо, 5-отлично), степень улучшения, весомость, относительная весомость по формулам 1, 2, 3 соответственно. Результаты вносятся в столбцы справа. Сумма всех относительных весомостей равна 100%;

$$\text{Степень улучшения} = \text{Целевое значение} / \text{Оценка продукции} \quad (1)$$

$$\text{Весомость} = \text{Важность ожиданий} \times \text{Степень улучшения} \quad (2)$$

$$\text{Относительная весомость} = \text{Весомость} \times 100\% / \text{Сумма весомостей} \quad (3)$$

- описываются технические характеристики продукции. Они вносятся в верхнюю часть дома качества;

- исследуется взаимозависимость между ожиданиями потребителей и характеристиками технических условий для «нашей» продукции (● - где сильная связь (9), ○ - средняя связь (3) и Δ - слабая связь (1)). Рассчитываются значимость взаимосвязи (формула 4), суммарная оценка значимостей, сумма значимостей взаимосвязей и приоритетность (формула 5). Эти данные вносятся в середину дома качества;

$$\text{Значимость взаимосвязи} = \text{Сила взаимосвязи} \times \text{Относительная весомость} \quad (4)$$

$$\text{Приоритетность} = \text{Суммарная оценка} \times 100\% / \text{Сумма значимостей взаимосвязи} \quad (5)$$

- определяется сила взаимодействия между техническими параметрами, которые отображаются в треугольной матрице связей (матрице корреляций), образующей «крышу» дома качества;

- заполняется «подвал» дома качества, а именно указываются единицы измерения для каждой технической характеристики продукции;

- проводится сравнение показателей «нашей» продукции и продукции конкурента и определяются целевые (плановые) значения проектирования новой продукции;

- на последнем этапе разрабатываются рекомендации для «нашей» продукции для улучшения ее качества.

Целью данного исследования является использование метода разворачивания функций качества для разработки рекомендаций по улучшению качества продукции.

Продукцией, которая была выбрана для построения дома качества, являются косметические крема. Для того чтобы определить какие бренды кремов у потребителей в приоритете, проводилось анкетирование в электронном виде, в результате которого были опрошены 26 человек: 17 в возрасте от 15 до 20 лет, 7 от 21 до 26 лет и по одному человеку в возрасте от 27 до 35 лет и выше 36 лет. Большее количество голосов потребители отдали увлажняющим кремам Nivea (продукция конкурентов) и Garnier («наша» продукция).

Помимо анкетирования, были исследованы телевизионная программа «Контрольная закупка» и сайт «Росконтроль – независимая экспертиза товаров», и выявлены непосредственно сами требования потребителей к косметическим кремам. Исходя из полученной информации крем должен: иметь приятный запах, хорошо размазываться по руке и полностью впитываться в кожу, не блестеть и не оставлять жирных следов, защищать кожу от сухости во время морозов, иметь увлажняющий эффект, не содержать красителей и консервантов, соответствовать установленным нормам стандартов.

Исходя из полученной информации, были выявлены основные показатели, являющиеся наиболее значимыми: цвет, запах, цена, состав, т.е. наличие красителей, консервантов, силиконов, парабенов и т.д. впитываемость, гипоаллергенные свойства, увлажнение, текстура и упаковка (дизайн, форма тары). Эти факторы будут являться ожиданиями потребителей. Также по данным показателям был проведен конкурентный анализ, результаты которого представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

По таблицам 1 и 2 марка Nivea (продукция конкурента) в сумме получила оценку 43, Garnier («наша» продукция) - 34, таким образом, по качеству побеждает марка Nivea.

Учитывая всю информацию, написанную выше, был построен дом качества, который указан на рисунке 1. С помощью него и конкурентного анализа были выделены неудовлетворительные факторы качества крема Garnier, а именно: цвет, увлажнение,

массовая доля воды и летучих веществ, срок годности крема, состав, гипоаллергенные свойства.

Таблица 1

Показатель	Крем Nivea	Оценка	Крем Garnier	Оценка
Цвет	Белый	5	Цветной. Это говорит о наличии искусственных красителей	2
Запах	Цветочно-фруктовый	5	Цветочно-фруктовый	5
Состав	Содержит минимум консервантов. Отсутствуют красители. Уровень pH соответствует нормативу	4	Содержит большое количество консервантов и красителей	2
Цена	Бюджетный вариант	5	Бюджетный вариант	5

Таблица 2

Показатель	Крем Nivea	Оценка	Крем Garnier	Оценка
Впитываемость	Быстро впитывается, не оставляет жирных следов	5	После нанесения может быть ощущение пленки на коже, иногда скатывается	2
Гипоаллергенные свойства	Не вызывает аллергии	5	Вызывает высыпания	5
Увлажнение	Хорошо увлажняет кожу	4	Плохо увлажняет кожу, скатывается	2
Текстура	Легкая	5	Легкая	5
Упаковка	Не вызывает неудобств	5	Не вызывает неудобств	5

Для данных факторов разработаны рекомендации, которые позволят повысить качество крема Garnier.

Цель использования крема Garnier – увлажнение. Вода играет основную роль в увлажнении кожи. Также она растворяет активные вещества и снижает токсичность некоторых компонентов. Поэтому следует увеличить массовую долю воды. Это приведет к повышению однородности крема или коллоидной стабильности и предотвратит его скатывание при растирании по коже. Также нужно увеличить массовую долю летучих веществ. Смеси различных летучих веществ – это эфирные масла. Они создают приятный цветочно-фруктовый аромат. Также такие масла, способные убивать болезнетворных микробов.

Цвет крема должен быть белым. Если крем голубого цвета, это значит, что в нем содержатся красители. Они могут нанести вред коже. Необходимо убрать их из состава



ННБ VII, Санкт-Петербург, 16 – 18 мая 2019

3. Каким косметическим кремом вы пользуетесь? - Survio [Электронный ресурс]// URL:<https://www.survio.com/survey/d/C1N2I4T2T9S0L4P2A> (дата обращения 15.02.2019);

4. Росконтроль [Электронный ресурс]//URL:[https://roscontrol.com/category/krasota\\_i\\_zdorove/uhodzalitsom/uvlagnyayushchiy-krem/](https://roscontrol.com/category/krasota_i_zdorove/uhodzalitsom/uvlagnyayushchiy-krem/) (дата обращения 15.02.2019);

5. Контрольная закупка. Защитный крем для рук. Выпуск от 24.11.2017 - YouTube [Электронный ресурс] // URL:<https://www.youtube.com/watch?v=PWsaMi2IO2U> (дата обращения 15.02.2019).

## СЛОЖНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.Д. БУТИНА

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

**Аннотация.** Статья посвящена опыту внедрения и сертификации общеобразовательной организации на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001, трудностям при реализации подходов, с которыми сталкиваются школы, и возможные пути их решения.

*Ключевые слова:* система менеджмента качества, общеобразовательная организация, сертификация.

Проблема управления качеством образования на сегодняшний день в Российской Федерации не имеет однозначного решения, активно обсуждаются подходы и методики, разрабатываются критерии и показатели, исследуются различные аспекты качества, в то же время в мировой практике построение системы менеджмента качества, регламентируется стандартами ISO серии 9000.

Целью данной работы является исследование применимости стандартов серии ISO 9000 для управления качеством общеобразовательных организаций, изучение опыта школы, анализ сложностей и барьеров, с которыми можно столкнуться при внедрении и поиск решений.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что вопросы качества образования на сегодняшний день обсуждаются на всех ступеньках образовательной системы. Правительством Российской Федерации в 2014 году была утверждена государственная программа «Развитие образования» на 2013-2020 гг, одна из целей которой звучит как «обеспечение высокого качества российского образования в соответствии с меняющимися запросами населения и перспективными задачами развития российского общества и экономики» [1]. В то время как, внедрение подходов ISO 9000 в сфере образования практикуется университетами, общеобразовательные организации в большинстве своем не идут по аналогичному пути.

В Российской системе аналогом ISO 9001 является национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». Стандарт предоставляет общие универсальные правила, которые могут применяться в любой отрасли, в том числе и для управления качеством образования. Существует документ, который помогает интерпретировать требования и применить их в данной сфере - ГОСТ Р 52614.2-2006 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в сфере образования». В то же время данный стандарт опирается на ГОСТ Р ИСО 9001-2000, который на сегодняшний день является устаревшим. В основе ГОСТ Р ИСО

9001 – 2015 лежит не только процессный подход, но и понятие риск-ориентированного мышления, которое раньше не применялось.

Рассмотрим опыт Государственного бюджетного общеобразовательного учреждения средней общеобразовательной школы № 619 Калининского района Санкт-Петербурга. Данная школа не только внедрила подходы, предложенные стандартом, но и успешно прошла сертификацию. Весь процесс занял около 10 лет, начался ещё в 2001 году с предложения научного руководителя школы, который был знаком с подходами TQM. Первыми ступеньками в области качества общеобразовательного учреждения стали участие в конкурсе «100 лучших товаров России» и «Премии качества Санкт-Петербурга». Подготовка к ним потребовала реорганизации системы управления школой. Необходимо было описать деятельность школы в области управления качеством, параллельно проводился анализ и находились проблемные места. Таким образом, плавно и методично включились подходы TQM и ГОСТ Р ИСО 9001 в систему управления школой. В 2007 году была одержана победа на «Премии качества Санкт-Петербурга», а двумя годами спустя принято решение о прохождении сертификации по ГОСТ Р ИСО 9001 – 2008. В 2011 году – был получен первый сертификат соответствия ГОСТ Р ИСО 9001-2008. В последствии школа проводила ресертификацию (2014 год). Но, проводить сертификацию на соответствие требованиям новой версии ГОСТ Р ИСО 9001-2015 не планируется. Уполномоченный представитель по качеству – Савельев Сергей Анатольевич подчеркнул, что реорганизация системы качества под требования нового ГОСТа не актуальна на данный момент, так как потребует больших трудозатрат. Основной целью внедрения ГОСТ Р ИСО 9001 является создание результативной системы менеджмента качества, а не получение сертификата. Созданная в школе система поддерживается в рабочем состоянии и удовлетворяет потребностям заинтересованных сторон, несмотря на то, что вышло обновление стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Как уже отмечалось выше, на создание результативной системы, школе потребовалось около 10 лет, столь продолжительный срок объясняется рядом сложностей. В первую очередь они связаны с трудностями в восприятии требований стандарта. Управление качеством изначально формировалось на базе производственных предприятий. Следовательно, терминология, которая употребляется в стандарте также пришла из производственной среды. Такие понятия как услуга, продукция, ресурс трудно отождествлять с образовательными учреждениями. Например, понятие услуги не всеми воспринимается корректно, и зачастую считалось педагогами оскорблением. Причина кроется в непонимании терминологии. ГОСТ Р ИСО 9000 «Система менеджмента качества. Определения и словарь» трактует данный термин, как выход организации с, по крайней мере, одним действием, обязательно осуществленным при взаимодействии организации с потребителем [1]. В качестве потребителей деятельности общеобразовательных учреждений можно назвать учеников, родителей, ВУЗы и государство. Таким образом, становится ясно, что образовательную деятельность корректно трактовать как услугу, так как она напрямую направлена на взаимодействие с одним из потребителей – учеником.

Когда сотрудниками Школы № 619 начала проводится работа по внедрению методов управления качеством, именно понятие «услуга» встретило первое отторжение среди сотрудников и стало первым барьером. Учителя считали, что, классифицируя педагогическую деятельность под категорию услуг, их труд занижают.

Кроме того, построение системы менеджмента качества - ресурсозатратный процесс, речь идёт не только о временных ресурсах, а также о человеческих и финансовых. Для того,

чтобы понять требования ГОСТ Р ИСО 9001, сотрудники школы прошли обучение и изучили огромный пласт научной литературы, посвященной данной теме. Обучение работников, которые будут заниматься построением системы, требует не только финансовых затрат на обучение, но и является дополнительной нагрузкой на персонал. На сегодняшний день, обучение может проводиться в специальных школах, на курсах повышения квалификации или в стенах школы, путем найма стороннего эксперта, но, несмотря на обилие вариантов, затраты будут все равно высокими, в то время как эффект не будет сиюминутным. Помимо этого, обучение сотрудников, занимающихся вопросами построения системы менеджмента казачества, - только первый шаг, весь персонал должен понимать, как функционирует данная система, и какое место каждый конкретный педагог и любой другой работник занимают в вопросах качества образования.

В дополнение к вышесказанному, ГОСТ Р ИСО 9001 устанавливает требования к ведению документированной информации. Документация формируется не только на уровне управленческого персонала, но и самими педагогами. Необходимо фиксировать результаты и проводить внутренние аудиты и мониторинги, что на начальных этапах особенно негативно восприняли педагоги Школы №619. Среди педагогических работников распространено мнение о том, что работа с документацией отвлекает их от основной деятельности. Часто к ней не просто подходят формально, а не выполняют вовсе. По прошествии 10 лет работы по улучшению системы управления качеством, работа с документами уже выполняется всеми работниками в обязательном порядке, они относятся и воспринимают это как часть своей основной деятельности.

Кроме того, согласно современным законодательным требованиям каждая школа сегодня должна представлять отчет о самообследовании, который включает в себя анализ по ряду показателей, которые можно объединить в четыре направления:

- общие сведения об образовательной организации;
- образовательные результаты обучающихся;
- кадровое обеспечение образовательного процесса;
- инфраструктура образовательной организации.

Но и тут есть один спорный момент, в общеобразовательных организациях своя специфика. Рабочий - учебный год школы длится с сентября по август, что существенно отличается от общепринятого календарного года. За это время ученики осваивают программу, предназначенную для одного класса. Соответственно, можно проводить входной контроль в начале учебного года и выходной в конце. Но в то же время, отчет о самообследовании должен базироваться на данных за календарный год, что приводит к существенным противоречиям и не согласуется с порядком деятельности организаций. Получается, что педагоги вынуждены предоставлять данные промежуточных итогов, что является не совсем корректным, так как учебный процесс, еще не закончен. Соответственно, составление отчета по итогам календарного года затрудняет работу с данными со стороны преподавателей, что усиливает их негативное отношение и формальный подход к данной работе. Но самое важное - это невозможность использовать выполненный анализ за период январь – декабрь, при планировании деятельности на период сентябрь – август.

На сегодняшний день, те общеобразовательные учреждения, которые хотят внедрить в свою систему управления качеством ГОСТ Р ИСО 9001-2015, могут встретить ряд сложностей, которые представлены ниже вместе с возможными решениями данных проблем.

1. Неактуализированны руководящие указания - ГОСТ Р 52614.2-2006 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в сфере образования».

Риск –ориентированное мышление, которое было введено впервые в версии 2015 года, вызывает трудности почти для всех организаций, новая версия руководящих указаний объяснила бы необходимость внедрения данного требования, методики, которыми его можно было бы реализовать и преференции, которые это даст.

2. Сложность восприятия терминология серии стандартов.

На сегодняшний день понятие образовательной услуги постепенно внедряется с помощью документов, регламентирующих образовательную деятельность. Наравне с этим, должна проводиться работа с персоналом, во избежание негативной реакции и отторжения.

3. Реализация требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 трудозатратный и долгий процесс.

Как видно из приведенного в статье примера, требуется длительный срок, чтобы система заработала и дала положительный результат, необходима инициатива руководства общеобразовательной организации для внедрения стандарта. Школа №619 на сегодняшний день является федеральной инновационной площадкой, на базе которой проводятся конференции и семинары не только для представителей Санкт-Петербурга, но и для регионов. В рамках данных мероприятий в частности рассматривается подход школы к управлению качеством.

4. Согласования временных рамок отчетов, предоставляемых школами.

Рассмотрение учебного года в качестве отчетного было бы более эффективно нежели рассмотрение результатов календарных годов. Тогда данные могли бы рассматриваться как руководством школ, так и отдельными педагогами. С пониманием применимости сведений возможно бы было научить сотрудников школы использовать полученные данные в своей деятельности, таким образом можно избежать формальности и создать систему, которая будет функционировать не только на бумаге.

Таким образом, в данной статье был рассмотрен опыт внедрения школой №619 стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, основные сложности и барьеры, с которыми сталкивалась общеобразовательная организация на своем пути и предложены пути решения данных проблем.

### **Список литературы**

1. Постановление Правительство Российской Федерации «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 годы» URL: <http://static.government.ru/> (дата обращения: 14.04.2019)
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь». URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.04.2019)
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.04.2019)
4. ГОСТ Р 52614.2-2006. «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в сфере образования» URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.04.2019)
5. Официальный сайт ГБОУ СОШ №619. URL: <https://www.school619.ru/> (дата обращения: 15.04.2019)

## НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА КВАЛИФИКАЦИЙ- ОСНОВА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛА

О.И. ВЕРЕТЕННИКОВА

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО)*

**Аннотация.** В статье «Независимая оценка квалификаций- основа для совершенствования профессионала» обозначена важность проведения независимой оценки квалификаций, описаны участники системы независимой оценки квалификаций. Представлен процесс проведения профессионального экзамена центром оценки квалификаций. А также пошагово описана разработка оценочных заданий для тестовой части и практической части экзамена. Статья 4 стр., 2 схемы, 0 рис., 0 табл.

*Ключевые слова:* независимая оценка квалификаций, центр оценки квалификаций, профессиональный стандарт, профессиональный экзамен, оценочные задания.

В современном мире, когда выставляются новые требования к качеству продукта или услуги, вопрос подготовки специалистов, оказывающих непосредственное влияние на качество выходит на первый план. В процессе развития инновационных технологий, экономического роста и повышения конкуренции на рынке труда, возрастает необходимость в подтверждении работником или выпускником своих квалификационных навыков в соответствии с требованиями профессионального стандарта.

3 июля 2016 года Президент России подписал Федеральный закон №238-ФЗ «О независимой оценке квалификации», который вступил в силу с 1 января 2017 года и является базовым документом, регулирующим формирование объединениями работодателей системы независимой оценки квалификации на соответствие профессиональным стандартам.

Координатором системы независимой оценки квалификации является Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (НСПК). При Национальном совете действуют отраслевые Советы по профессиональным квалификациям, которые наделяются полномочием по отбору юридических лиц для проведения оценки квалификации (центры оценки квалификации).

Центры оценки квалификации (далее ЦОК) представляют собой юридическое лицо, наделенное полномочиями и осуществляющее в соответствии с настоящим Федеральным законом деятельность по проведению независимой оценки квалификации в форме профессионального экзамена и оформляют ее результаты.

Независимая оценка квалификации представляет собой процедуру подтверждения соответствия квалификации соискателя положениям профессионального стандарта или квалификационным требованиям, установленным законодательством, проведенную центром оценки квалификаций. Закон устанавливает правовые и организационные основы и порядок проведения независимой оценки квалификации, а также определяет правовое положение, права и обязанности участников такой оценки. Закон не применяется в отношении государственных служащих. Независимая оценка квалификации проводится в форме профессионального экзамена центром оценки квалификаций в порядке, установленном Правительством РФ. Экзамен проводится по инициативе соискателя за счет средств соискателя, иных физических и юридических лиц либо по направлению работодателя за счет средств работодателя в порядке, установленном трудовым законодательством. Соискателем является работник или претендующее на осуществление

определенного вида трудовой деятельности лицо, обратившиеся, в том числе по направлению работодателя, в центр оценки квалификации для подтверждения своей квалификации в порядке, установленном настоящим Федеральным законом.

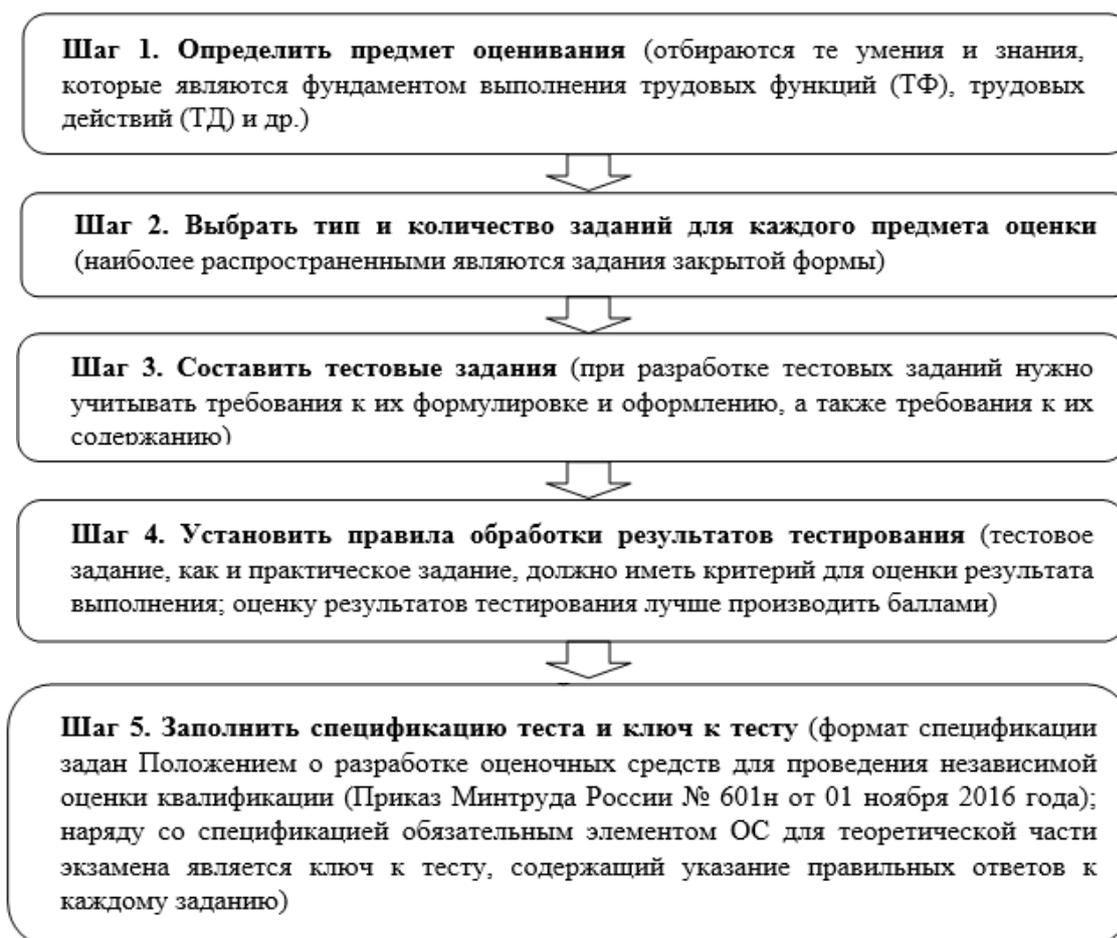
При обращении соискателя в ЦОК, необходимо предоставить необходимый пакет документов и указав уровень квалификации для проведения профессионального экзамена. ЦОК назначает экспертную комиссию, которая в согласованную с соискателем дату и время проводит оценку квалификации в форме профессионального экзамена.

Профессиональный экзамен включает в себя:

- теоретическую часть - проходит в форме тестирования с вариантами ответов
- практическую часть - представляет собой задания, состоящие из профессиональной задачи, решаемой «здесь и сейчас».

### **Разработка оценочных заданий для теоретического этапа профессионального экзамена**

Теоретическая часть профессионального экзамена представляет собой тестирование с использованием специализированной информационной платформы. Результаты тестирования обрабатываются автоматически.



*Схема 1. Алгоритм разработки теста для профессионального экзамена*

Разработка заданий для теоретического этапа профессионального экзамена осуществляется с учетом особенностей технологии тестирования. Разработка заданий для

теоретической части профессионального экзамена подчиняется алгоритму. Алгоритм разработки теста для профессионального экзамена включает несколько шагов (схема 1).

### **Разработка оценочных заданий для практического этапа профессионального экзамена**

Начинать разработку оценочных средств (ОС) целесообразно с формирования оценочных заданий, предусмотренных для практического этапа профессионального экзамена, в связи с его ключевой ролью в процедуре оценивания квалификации.

Алгоритм проведения практического этапа также предусматривает несколько этапов:

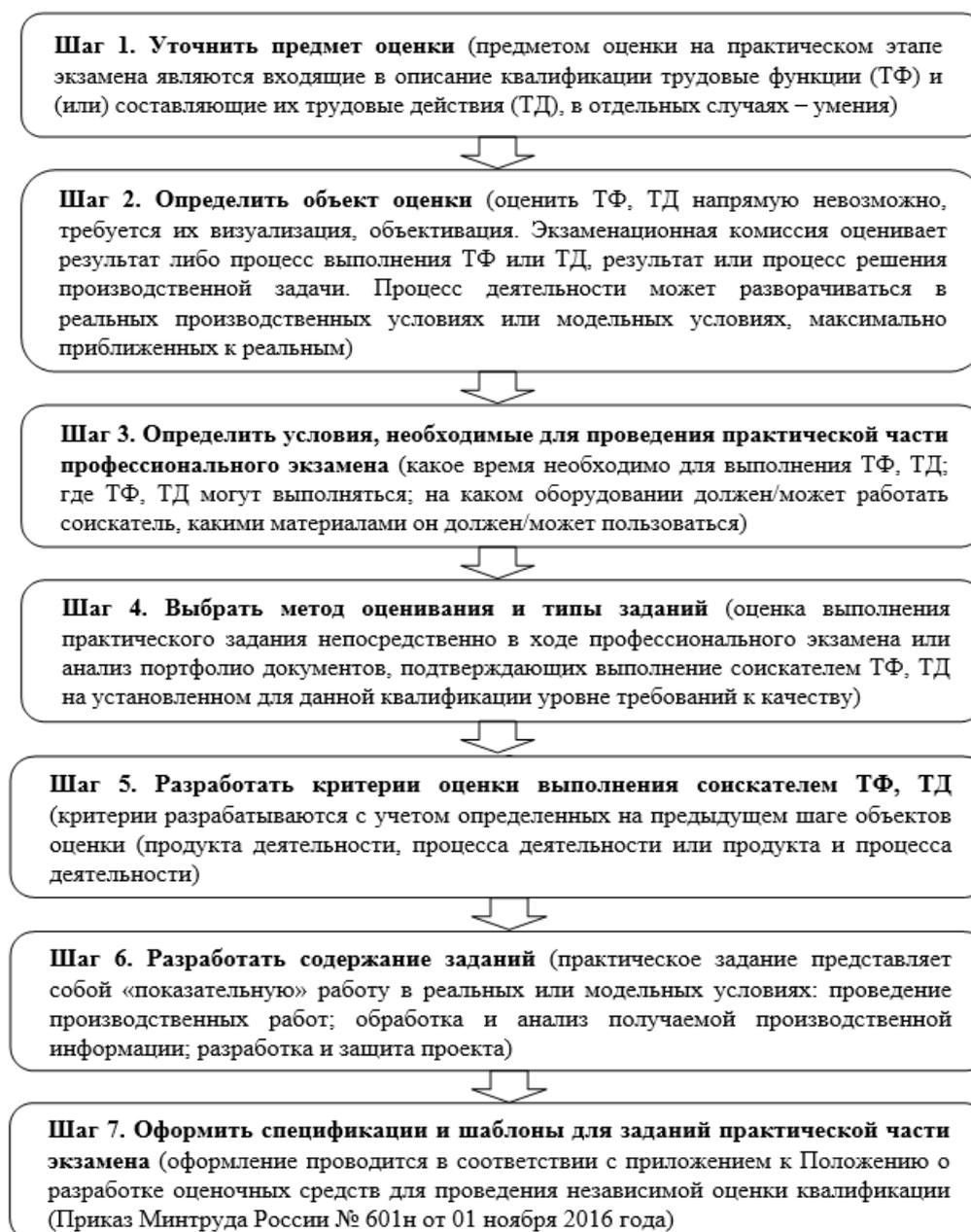


Схема 2. Алгоритм проведения практического этапа для профессионального экзамена

По результатам успешного прохождения независимой оценки квалификации соискатель получает Свидетельство о квалификации, которое представляет собой документ

государственного образца, подтверждающий успешное прохождение профессионального экзамена в рамках №238-ФЗ «О независимой оценке квалификации». Сведения о выданных свидетельствах вносятся Национальным агентством развития квалификаций (НАРК) в единый реестр сведений о проведении независимой оценки квалификации.

Таким образом проведение независимой оценки квалификаций имеет крайне важное место в современном обществе, особенно для: соискателя, т.к. происходит документальное подтверждение независимой организацией квалификации и профессионального мастерства специалиста с расширением возможности трудоустройства; для работодателя, т.к. появляется возможность подтвердить репутацию компании, доказав наличие квалифицированного персонала и получить конкурентное преимущество; для образовательных организаций, т.к. появляется возможность подтвердить качество подготовки кадров по своим программам и повысить репутацию организации перед учредителями и контрольными органами.

### Список литературы

1. Федеральный закон "О независимой оценке квалификации" от 03.07.2016 N 238-ФЗ;
2. Федеральный закон "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О независимой оценке квалификации" от 03.07.2016 N 239-ФЗ;
3. Постановление Правительства РФ от 16.11.2016 N 1204 "Об утверждении Правил проведения центром оценки квалификаций независимой оценки квалификации в форме профессионального экзамена";
4. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016 г. № 726н «Об утверждении положения о разработке наименований квалификаций и требований к квалификации, на соответствие которым проводится независимая оценка квалификации»;
5. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01 ноября 2016 г. № 601н «Об утверждении положения о разработке оценочных средств для проведения независимой оценки квалификации».

## АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

К.А. ИСКАНДАРОВА

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

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема мусора и инновационные пути решения этой проблемы. Рассмотрен мировой опыт и технологии. Применение информационных технологий для оптимизации затрат на транспортировку отходов, способы отслеживания количества вторичного сырья.

*Ключевые слова:* проблема мусора, управление отходами, инновации, оптимизация.

Цель данной статьи - провести анализ проблемы мусора и оценить возможность внедрения инновационных решений.

Были поставлены следующие задачи: изучить проблему мусорных свалок в России; показать на мировом опыте способы решения проблемы с использованием инновационных технологий; рассмотреть возможные инновационные решения в России.

Вопрос о проблеме мусора в России как никогда актуален. Население страны увеличивается, люди больше потребляют, следовательно растут и объемы мусора. По данным Ростприроднадзора, ежегодный прирост площадей российских полигонов и свалок составляет 0,4 млн. га, к 2023 году площади достигнут 6,8 млн. га. Ежегодно на каждого человека приходится более 400 кг отходов. За год в стране собирается более 70 миллионов

тонн бытовых отходов, всего 4% отправляются на переработку. Все выше перечисленные статистические данные говорят нам о масштабе проблемы. [1]

Проблема существует по следующим причинам: не хватает мощности перерабатывающих заводов; очень часто из смешанного мусора невозможно получить качественное вторичное сырье; неэффективное управление отходами; нет условий для раздельного сбора мусора; осознанность людей.

Все причины связаны и взаимно дополняют друг друга. Рентабельность мусороперерабатывающих заводов низкая, так как они не получают из смешанного мусора ценное сырье для дальнейшей продажи; применение метода раздельного сбора мусора представляется проблемой, так как нет отлаженной системы.

Для оценки готовности граждан к раздельному сбору, был проведён опрос жителей Санкт-Петербурга в возрасте от 20-40 лет, всего респондентов было 74 человека. По итогу опроса получила большинство положительных ответов. 63,4% готовы разделять или уже разделяют мусор, 15% не хватает условий для раздельного сбора, остальные предпочитают выбрасывать в общий контейнер. Можно сделать вывод, что граждане осознают важность и готовы поспособствовать решению проблемы, но для этого надо создать удобные условия.

Для того чтобы мусор стал полезным, он должен:

1. Быть собран в отдельные контейнеры;
2. Быть отгружен в оптимальном количестве;
3. Пройти повторную сортировку;
4. Полученное вторичное сырье продается на предприятия, занимающиеся переработкой.

Из мировой практики можно выделить множество удачных примеров грамотного обращения с отходами. В данном исследовании было акцентировано внимание на технологиях, предназначенных для этапа сборки и транспортировки отходов.

Уже во многих странах применяют подземные контейнеры. Видимая компактная надземная часть — это мусороприёмник, под землей располагается сам контейнер. При отгрузке отходов, с помощью гидравлики контейнер поднимается, и оператор забирает содержимое. Данная технология позволяет сохранить эстетический вид площадки, также увеличивает объемы собранного мусора. Такой метод применяется как при смешанном сборе мусора, так и при раздельном.

Инновационный способ сбора мусора – это пневматическая или вакуумная система транспортировки отходов до пункта общего сбора. Мусор через загрузочные посты засасывается в систему отводящих труб за счет создаваемого в них разрежения и движется в воздушном потоке к месту накопления. Дополнительные усовершенствования позволяют осуществлять раздельный сбор отходов при использовании одного трубопровода. [2] Главное преимущество данной системы – исключение человеческого труда на большей части процесса. Из-за дороговизны данная система еще не получила широкого распространения, на сегодняшний день в России нет такой системы.

Проанализировав основные аспекты можно сказать, что в России есть необходимость внедрять раздельный сбор, но применять эффективные способы сбора для того, чтобы стоимость вторичного сырья была привлекательной для перерабатывающих предприятий. Предложено внедрять ИТ-технологии и датчики мониторинга заполняемости контейнера. Создание программного обеспечения с взаимодействием с информацией, полученной от

датчиков позволит сформировать эффективную работу транспортной компании и собирать достаточное количество вторичного сырья.

### Список литературы

1. Росприроднадзор [Электронный ресурс] URL: <http://rpn.gov.ru/general-info> (Дата обращения: 18.04.2019);
2. Отраслевой портал. «Пневматическая система транспортировки отходов». [Электронный ресурс] URL: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=195> (Дата обращения: 17.04.2019).

## ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИГО РАЗВИТИЯ

О.В. КИБИРЕВА

**Аннотация.** В данной статье проанализированы три метода оценки устойчивого развития, приведено описание каждого из них, выявлены достоинства и недостатки. По итогам анализа выбран метод, который, по мнению автора, наиболее подходит для оценки устойчивого развития.

*Ключевые слова:* устойчивое развитие, моделирование структурными уравнениями, SEM, оценка устойчивого развития

Устойчивое развитие – развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не лишая будущие поколения ресурсов для удовлетворения своих потребностей [1].

В настоящее время проблеме устойчивого развития уделяют внимание не только государства, но и частные организации. Именно для организаций остро стоит вопрос об оценке устойчивости их развития. Здесь им приходят на помощь различные методики, с помощью которых можно провести самоанализ организации и узнать, какие существуют проблемы и что можно улучшить в текущей деятельности.

Наиболее распространенными в России и в мире являются индексы Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) в области устойчивого развития, корпоративной ответственности и отчетности, а так же Глобальная инициатива по отчетности [4],[6].

Оценка с помощью первого метода – индексов в области устойчивого развития РСПП - проводится руководствуясь информацией с официальных сайтов организаций, входящих в рейтинг крупнейших российских компаний «РАЕХ-600» и первых 100 компаний из рейтинга «РБК-500».

Данные показатели включают в себя индексы «Ответственность и открытость», «Вектор устойчивого развития» и «Перспектива».

- Индекс «Ответственность и открытость»

$$I_r = \frac{Q}{Q_{max}},$$

где:

Q – объем и качество раскрытой информации;

$Q_{max}$  – максимально возможные объем и качество раскрытой информации.

Следующий индекс, «Вектор устойчивого развития», рассчитывается только для тех компаний, значение индекса «Ответственность и открытость» которых превышает 0,55.

- Индекс «Вектор устойчивого развития»

$$I_v = \frac{Q'}{N \cdot P'}$$

где:

Q' – показатель направленности изменений результативности. Рассчитывается как сумма показателей со знаком «-», «+» и «0»;

N' – количество компаний в выборе индекса «Вектор устойчивого развития»;

P' – количество показателей, взятых для расчета индекса «Вектор устойчивого развития».

- Индекс «Перспектива»

Формула для расчета индекса:

$$I_p = \frac{T}{N''M''P''}$$

N'' - количество анализируемых компаний;

M'' - максимальный балл по одному показателю;

P'' - количество показателей для анализа целей.

Данный метод является довольно распространенным в России, большая часть крупных компаний проводит по нему самооценку [4]. Однако стоит заметить, что критерии расчета показателей крайне сложно оценить. Например, при расчете индекса «Ответственность и открытость» используются показатели качества и количества раскрываемой информации, однако данные о том, откуда необходимо брать требуемые сведения и как их оценивать - отсутствуют. Индексы «Перспектива» и «Вектор устойчивого развития» являются слишком общими, всего с помощью двух показателей разработчики анализируют большой объем информации, а внимание сосредоточено на общем количестве данных, числе рассматриваемых компаний и среднем значении других показателей. Следовательно, такой метод оценки нельзя назвать подходящим.

Второй рассматриваемый метод - Глобальная инициатива по отчётности (Global Reporting Initiative, GRI) – это международный стандарт по нефинансовой отчётности для оценки компаниями устойчивости своего развития. Данный стандарт не является обязательным и может быть использован любой организацией, вне зависимости от ее размера, отрасли и местонахождения.

Элементы отчётности делятся на семь тематических направлений, внутри которых находятся элементы отчетности: стратегия и анализ, профиль организации, обязательства по участию во внешних инициативах, выявленные существенные аспекты и границы, взаимодействия с заинтересованными сторонами, общие сведения об отчете и указатель содержания GRI. Каждый из элементов отчетности необходимо описать, указать касающиеся его данные.

Индексы Глобальной инициативы по отчетности являются очень субъективными. Оценка проводится при помощи анкетирования, в ходе которого необходимо ответить на определенный перечень вопросов. Результаты такой оценки нельзя назвать надежными, при отсутствии определенных правил расчета показателей легко допустить ошибку. Например, в индексе G4-13 следует отразить существенные изменения масштабов, структуры или собственности организации или ее цепочки поставок, произошедшие на протяжении отчетного периода. Однако какие именно изменения следует считать существенными – не указано.

В итоге можно сказать, что главный недостаток описанных выше способов – высокий уровень субъективности и неточность оценки. Соответственно, необходим более совершенный подход к оценке устойчивого развития организации.

В последние годы ученые пытаются адаптировать к оценке устойчивого развития методы статистического анализа. При этом в исследованиях они применяются как в «чистом виде», так и в качестве дополнения к уже существующим методам.

Например, используются такие методы как моделирование структурными уравнениями (SEM) и дисперсионный анализ.

В структурном моделировании исходные данные получают на основе измерений, но чаще с помощью специальных опросов или исследований. Эти данные содержат в себе скрытые (латентные) переменные, которые невозможно измерить. Цель метода – выявление латентных переменных и определение их структуры.

Использование SEM оправдано для устойчивого развития из-за возможности выявить отношения между ненаблюдаемыми переменными с помощью наблюдаемых. Например, не существует точного способа определить удовлетворенность сотрудников своей работой, но это можно сделать с помощью других показателей, наблюдаемых, и в последствии проанализировать.

Метод SEM основан на том, что если умножить каждое число массива данных на некоторую константу  $K$ , среднее значение также умножится на  $K$ . При этом стандартное отклонение умножится на модуль  $K$ .

Данный метод анализа был применен китайскими учеными для оценки устойчивой урбанизации в КНР [0]. Исходные данные были собраны из показателей, относящихся к четырем областям: экономической, социальной, окружающей среде и ресурсам. В ходе исследования, проведенного с помощью SEM, была выявлена степень влияния различных факторов на урбанизацию, как скрытых так и явных.

Группа ученых из Испании в своем исследовании об устойчивости раскрытия информации правительствами европейских государств объединила два метода – GRI и дисперсионный анализ [0]. Информацию, полученную с сайтов правительств, исследователи разбили на три группы в зависимости от географического расположения страны: Англо-Саксонские, Южные и Северные европейские страны. Первоначальная информация была структурирована и проанализирована с помощью опросников G3 и G4. Ученые поставили своей целью выяснить, существует ли взаимосвязь между степенью раскрытия информации и группами стран в общем и каждой страной в частности. Для выявления данных причинно-следственных связей был использован дисперсионный анализ, т.е. исследована изменчивость показателей уровня раскрытия информации под влиянием такого контролируемого фактора как географическое расположение страны.

Таким образом, в современных исследованиях применяются не только общепризнанные стандартные методы оценки, но и статистический анализ. Данный метод является более сложным, требует больших затрат времени и привлечения для расчета специалиста, обладающего определенными знаниями в области статистики. Но в то же время использование статистических методов учитывает множество факторов и переменные, которые невозможно измерить непосредственно. Так же полученные данные можно подвергнуть дополнительному анализу для выявления взаимосвязей между ними. Полученная в результате модель отражает наиболее точным образом состояние организации в плане устойчивого развития и показывает, какие именно факторы и на сколько сильно влияют на ее текущее состояние.

Совместное использование стандартных и статистических методов так же является достаточно эффективным, т.к. позволяет объединить достоинства двух различных методик для получения наиболее точного результата. Например, сбор и классификацию данных

можно осуществлять по одной технологии, которая имеет методику сбора данных и четкие критерии их разделения на группы, а сам анализ, направленный на выявление взаимосвязей, проводить по другой технологии.

### Список литературы

1. Брундтланд Г. Х. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития: Наше общее будущее 4 авг. 1987 г. – 24 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> (дата обращения 13.04.2019);
2. Халяфян А.А. STATISTICA. Статистический анализ данных. М.: Бином, 2007 г. 508 с;
3. Ожерельева Т. А. Уравнения структурного моделирования // Перспективы науки и образования. 2017, вып. (№) 2 (26). С. 25-35;
4. Российский союз промышленников и предпринимателей/Лидеры индексов РСПП [Электронный ресурс]. URL: <http://рспп.рф/simplepage/858> (дата обращения 13.04.2019);
5. de Carvalho J., Chima O. F. Applications of Structural Equation Modeling in Social Sciences Research// American International Journal of Contemporary Research. 2014 г., вып. № 01 С. 6-11;
6. Global Reporting Initiative/Sustainability disclosure database [Электронный ресурс]. URL: <http://database.glob-alreporting.org/> (дата обращения 13.04.2019);
7. L.Jiao, L. Shen, c. Shuai, B. He. A Novel Approach for Assessing the Performance of Sustainable Urbanization Based on Structural Equation Modeling^ A China Case Study//Sustainability 2016,8,910;
8. A. Navarro-Galera, M. Ruiz-Lozano, P. Tirado-Valencia, A. de los Rios-Berjillos. Promoting Sustainability Transparency in European Local Governments: An Empirical Analysis Based on Administrative Cultures//Sustainability 2017,9,432.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗРЕЛОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ОРГАНИЗАЦИЯХ

А.А. Кониболоцкая, О.В. Вусович

*Национальный исследовательский Томский государственный университет*

**Аннотация.** В статье представлена информация о методах определения организациями уровня зрелости системы менеджмента качества. Представлены основные стандарты, на основе которых проводятся оценки, и типичные методы проведения оценки.

*Ключевые слова:* методика, уровень зрелости, система менеджмента качества, стандарт, самооценка, критерий

На определенном этапе развития компании руководители не всегда выбирают тот инструмент управления качеством, который им нужен, а отдают предпочтение более простому и дешевому. Внедрение в организацию «системы ключевых показателей эффективности» без описания процессов ведет к тому, что показатели для контроля деятельности устанавливаются непродуманно. Сотрудники видят свои цели, но не понимают способы их достижения. Моделирование бизнес-процессов - это базовое условие развития любой системы, и оценка текущего уровня зрелости организации должна помочь с дальнейшей разработкой мероприятий по улучшению и совершенствованию процессного управления. Для этого многие организации внедряют в свою управленческую практику стандарт ГОСТ Р ИСО 9000 - 2015, в котором особый упор делается на процессный подход, и выстраивают на его основе систему менеджмента качества (СМК). Типичные методики определения уровня зрелости управления качеством организации, опирающейся на данный стандарт, включают в себя: аудит, анализ СМК, самооценку на основе рекомендаций стандартов ГОСТ Р ИСО 10014 - 2008 и ГОСТ Р ИСО 9004 - 2010, самооценку по критериям

национальных премий в области качества и международных моделей совершенства, систематизацию рисков, использование статистических инструментов качества. Процесс определения уровня зрелости организации основывается на семи принципах менеджмента качества, приведенных в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001 - 2015: ориентация на потребителя, лидерство, взаимодействие людей, процессный подход, улучшение, принятие решений, основанных на свидетельствах и менеджмент взаимоотношений.

Типичный процесс определения уровня зрелости реализуется на основе рекомендаций стандарта ГОСТ Р ИСО 10014 - 2008 и начинается с выбора критериев, которые являются в наибольшей степени существенными в данный момент [1]. Можно экстраполировать имеющиеся данные, накопленный опыт в динамике за несколько лет. В соответствии с выбранными критериями необходимо оценить функционирующую СМК посредством проведения анкетирования. В частности, необходимо опросить всех участников процессов, начиная с руководителей структурных подразделений. Выставляются баллы по критериям и строится лепестковая диаграмма. Полученные результаты самооценки обычно свидетельствует о необходимости разработки ряда рекомендаций, а впоследствии принятия и стратегических управленческих решений, которые непосредственно повлияют на основные процессы организации. Для предупреждения такого риска, как чрезмерное влияния субъективности мнений специалистов, необходимо привлечь как можно больше стейкхолдеров к процессу оценки. Могут присутствовать и такие факторы, как неправильное определение параметров оценки, некорректная формулировка (длина, объем) вопросов, что может также повлиять на глубину понимания проблем и возможность их исправления. Тем не менее, такая система проста, недорога и достаточно эффективна при большом количестве вопросов, и пользуется наибольшим спросом.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9004 – 2010 менеджмент качества рассматривается более широко, чем в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001 - 2015; он рассматривает потребности и ожидания всех соответствующих заинтересованных сторон и дает рекомендации по систематическому и непрерывному улучшению общих показателей деятельности организации [2]. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9004 – 2010 хорошо описана базовая модель элементов и критериев самооценки, соотносимых с уровнями зрелости. Поэтому многие руководители организаций отдают предпочтение ему и проводят самооценку на его основе. Если необходимо проведение большего числа математических расчетов, можно обратиться к «Методике оценки зрелости СМК организации» (Система добровольной сертификации «Военный Регистр»). Методика оценки зрелости СМК устанавливает порядок оценки индекса зрелости системы менеджмента качества организаций при подтверждении соответствия требованиям ГОСТ РВ 0015-002-2012. Данные для осуществления количественной оценки СМК организации (статистическая отчетность) тщательно проверяются руководителями соответствующих подразделений. Самооценка процессов и процедур менеджмента качества организации на базе методологии премии в области качества и международных моделей совершенства позволяет организациям сравнить свои показатели с показателями ведущих организаций мира, определить свои сильные и слабые стороны. Как инструмент управления, такие конкурсы приводят к улучшению показателей деятельности и повышению конкурентоспособности компаний в странах, где они проводятся. Методика систематизации риск-доминирующих факторов позволяет оценить потенциал процессов по управлению качеством и выделить ключевые риски, влияющие на зрелость процессов организации. В стандарте ГОСТ ИСО 9001-2015 указано, что управлять рисками необходимо для [3]:

- установления и применения процессов, необходимых для СМК (п. 4.4.1);
- обеспечения соответствия продукции и услуг и способности повышать степень удовлетворенности потребителей (п. 5.1.2);
- получения СМК своих намеченных результатов, поддержки (усиления) желаемого влияния, предотвращения или снижения нежелательного влияния и обеспечения улучшения (п. 6.1.1).

Такая методика повысит вероятность получения ожидаемых результатов процессов и позволит определить приоритетные направления роста и организационных изменений процессов для достижения целевых уровней зрелости.

Также возможно применение и статистических методов управления качеством для самооценки организации, в частности, предлагается использовать контрольные карты Шухарта для контроля и мониторинга процессов. Использование карт определяется стандартом ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 [4]. Для оценки управляемости процесса подготовки к принятию решения высшим руководством организации можно использовать карты индивидуальных значений (X-карты), построенные на основе данных о присутствии на соответствующем заседании [5].

В работе [6] Гугелева А.В. и Карташова Б.А. представлены результаты исследования совместимости систем менеджмента качества предприятий-партнеров, работающих в условиях субконтрактации. В исследовании был применен метод экспертных оценок. Оценка конкордации дает объективное представление об уровне зрелости и совместимости СМК, а также степени зрелости взаимоотношений предприятий. В представленной работе обоснованием применения метода экспертной оценки является возможность обеспечить требуемую точность расчета уровня зрелости, которой сложно достичь другими способами.

В заключении хотелось бы еще раз заметить, что постоянная самооценка помогает проследивать динамику оптимизации и поддерживать стремление к непрерывному совершенствованию компании. Как утверждал Питер Друкер: «Условие получения результата – использование возможностей, а не решение проблем»

### **Список литературы**

1. ГОСТ Р ИСО 10014-2008 «Менеджмент организации. Руководящие указания по достижению экономического эффекта»;
2. ГОСТ Р ИСО 9004-2010 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества»;
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования»;
4. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 «Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта»;
5. Назаренко М.А. О возможности применения статистических методов управления качеством для оценки уровня зрелости организации // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в образовании и науке». - 2017. - С. 297-299;
6. Гугелев А.В., Карташов Б.А. Исследование мониторинга совместимости систем менеджмента качества предприятий-партнеров // Современные проблемы науки и образования. - 2009. - № 5. - С. 170 -175;

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н.С. КУЗНЕЦОВА

*Белорусский государственный университет транспорта*

**Аннотация.** В работе изучена система контроля на предприятиях железнодорожного транспорта, а также предложен и обоснован подход к повышению эффективности осуществления контрольной функции на предприятии железнодорожного транспорта путем внедрения процессного подхода на одном из структурных подразделений, несущего расходы по основной деятельности.

*Ключевые слова:* процессный подход, железнодорожный транспорт, контроль, локомотивное депо, управление.

Сегодня эффективность и успешность предприятий объясняется степенью их независимости. Здесь речь идет не только о принятии экономических решений непосредственно руководителем организации, но и о контроле над их исполнением.

Изучая деятельность железнодорожного транспорта, стоит отметить, что подобная структура представляет собой одну из крупнейших естественных монополий с особенностями функционирования, которые предопределяют наличие специфических требования и методик к проведению контроля. Исходя из этого, при формировании новых подходов к контролю финансово-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта следует учитывать следующие моменты:

– системность (комплексный подход, выражающийся в единстве государственного и хозяйственного руководства, сочетании отраслевого управления с территориальным и позволяющий на ранних этапах выявлять отклонения от намеченных параметров во всех сферах деятельности, а также принимать соответствующие меры по устранению и предупреждению такого рода отклонений);

– многомерность и иерархичность (распределение функций контроля и управления по горизонтали и вертикали с неукоснительным соблюдением требований центра). Функции контроля несут не только контрольно-ревизионная служба и ее отделы, но и отделы, созданные при определенной службе, которые осуществляют контроль надспецифическими объектами, присущими только этому хозяйству.

Говоря же об управленческом учете в данной структуре, то он представляет собой интегрированную систему учета затрат и доходов, основной целью которой является представление информации о хозяйственной деятельности организации, и ее структурных подразделений для планирования, контроля и принятия оперативных управленческих решений. Исполнение контрольных функций здесь возложено на контрольно-ревизионную службу железной дороги, которая имеет четкое функциональное разделение по укрупненным объектам контроля: доходы и расходы, а также обобщает информацию, полученную от контрольно-ревизионных отделов филиалов. Кроме того, работники управления структурных подразделений также осуществляют внутривозвратный контроль на местах.

Структурные подразделения предприятия железнодорожного транспорта условно можно разделить на две группы: «несущие» расходы и «образующие» доходы. В одних руководители могут лишь отвечать за тот объем расходов, который сопоставим с объемом работ, выполняемым конкретным филиалом, а в других руководители отвечают не только

за затраты, но косвенно и за доходные поступления. Однако, общая сумма доход формируется на уровне Управления предприятием.

Современные тенденции к сокращению затрат обуславливают трансформацию подходов к контролю над деятельностью, в большей степени, тех предприятий, которые несут расходы, тем самым уменьшая доходы предприятий. Подробное изучение целесообразности понесенных затрат и позволит увеличить эффективность функционирования не только отдельно взятого филиала, но и всего предприятия в целом.

Здесь стоит понимать, что величина прибыли всего предприятия зависит от прибыльности каждой операции, связанной с обеспечением перевозочного процесса. Именно поэтому сегодня необходимо перейти от оценки эффективности перевозки в целом к оценке операций, процедур, процессов, бизнес-процессов, направленных на достижение поставленной руководством задачи. От качества управления всеми операциями, процедурами, процессами, бизнес-процессами в значительной степени зависит эффективность деятельности всей системы железнодорожного транспорта, обеспечение ее конкурентного преимущества, развитие транспортного бизнеса в целом

Одним из таких филиалов, непосредственно задействованных в основной деятельности железного транспорта, является локомотивное депо. Так, структурное подразделение выполняет технологические операции в виде ремонта и эксплуатации электровозов, электросекций, тепловозов, дизельных поездов и паровозов в грузовых и пассажирских перевозках, на маневрах [1, с. 47]. Назначения локомотивного хозяйства достаточно обширны, некоторые из них представлены на рисунке 1.

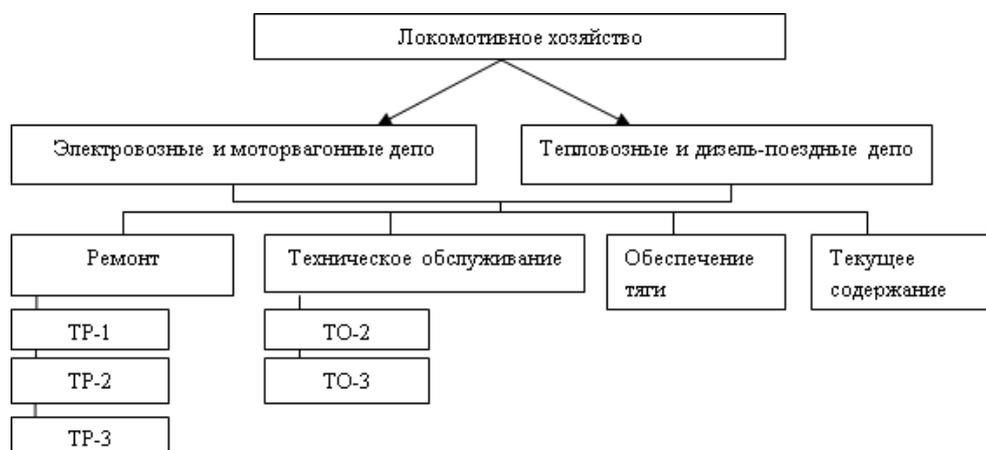


Рис. 1 Задачи предприятия локомотивного хозяйства

Хозяйственная деятельность локомотивного депо может быть раздроблена на экономические единицы, за каждой из которой стоит конкретный потребитель как внутри компании, так и за ее пределами. При таком подходе, называемым процессным, для оценки эффективности функционирования организации как экономической системы следует представить деятельность железнодорожного транспорта как комплекс процессов, каждый из которых представляет собой строгую последовательность операций. Совокупным результатом исполнения этих процессов и являются транспортные продукты (работы, услуги), удовлетворяющие потребностям клиентов. При этом у каждого отдельно взятого процесса должен быть результат, важный для выполнения следующего процесса [2].

Перед началом формирования бизнес-процессов на предприятии, следует определить центры ответственности для каждого из них, которые и будут отвечать за целесообразность

понесенных затрат. В нашем случае, главным центром ответственности является Локомотивное депо, которому подчиняются локальные центры ответственности, непосредственно отвечающие за осуществление определенного бизнес-процесса. При таком подходе, причину увеличения расходов на предприятии, за счет увеличения себестоимости какого-либо вида ремонта, аргументировать будет не начальник финансовой службы, а конкретное ответственное лицо по данному бизнес-процессу.

В локомотивном депо можно выделить значительное количество бизнес-процессов, связанных с ремонтом и эксплуатацией локомотивов различных видов тяги. На примере бизнес-процесса по текущему ремонту дизель-поезда ДР-1Б, рассмотрим одну из возможных систем организации внутреннего контроля, который обеспечит выполнение операций с наименьшими рисками и с наибольшим эффектом.

Текущий ремонт заключается в обеспечении или восстановлении работоспособности локомотива, во время которого проводится ревизия, ремонт и замена отдельных деталей, согласно нормативной документации, частичная модернизация, а также испытания, проводимые после ремонта.

Прежде, чем осуществлять контроль над бизнес-процессам, следует выделить его основные составляющие, которые и будут являться его подпроцессами, представленные в таблице.

Таблица 1

**Технологический регламент бизнес-процесса «ТР-2ДР1Б» [4]**

<b>Подпроцесс</b>	<b>Основные вопросы проверки</b>	<b>Регламентирующий документ</b>
<b>Приемка дизель-поезда на ремонт</b>	Анализ журнала ф. ТУ-152 на наличие замечаний Проверка исправность работы всех агрегатов при работающем дизеле	СТП 09150.17.111 – 2009 журнал ф. ТУ-152
<b>Дизель и вспомогательное оборудование</b>	Дизель Ремонт всех присутствующих насосов Ремонт всех присутствующих систем фильтрации Выхлопная, топливная системы Привод СТГ	СТП 09150.17.111 – 2009 Описание и руководство по эксплуатации фильтра типа 6.46 Руководство по эксплуатации ЭРЧВ20Д1М.00.00.000-1 РЭ
<b>Теплообменники</b>	Топливный теплообменник Водомасляный теплообменник Теплообменник системы гидростатики	СТП 09150.17.111 – 2009
<b>Гидропередача и механизм управления</b>	Гидропередача Система электроавтоматики управления гидропередачи Фильтр очистки масла гидропередачи	СТП 09150.17.111 – 2009 ТО и ИЭ ГДП 1000М 41.00.00.000 ТО
<b>Система охлаждения и отопления</b>	Система гидростатического привода вентилятора охлаждения Система вентиляции и отопления вагонов Холодильный блок Радиатор вентиляционного агрегата	СТП 09150.17.111 – 2009

Таблица 1 (Продолжение)

<b>Электрооборудование</b>	Электрические машины Аккумуляторная батарея Электрические аппараты	СТП 09150.17.111 – 2009
<b>Приборы КИПиА и электронное оборудование</b>	Контрольно-измерительные приборы АЛСН Система КЛУБ-У (ДР1Б) Устройства связи	СТП 09150.17.111 – 2009 <i>СТП 09150.19.194-2011</i>
Подпроцесс	Основные вопросы проверки	Регламентирующий документ
<b>Экипажная часть</b>	Тележки Осевой редуктор и карданные валы Кузов, ударно-тяговые устройства Колесные пары Рессорное подвешивание Буксы Тормозная рычажная передача	СТП09150.17.111 – 2009 ДР1Б 555.00.01.001 РЭ СТП 09150.17.111 – 2009 Инструкция по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства СТП БЧ 17.310-2015 ЦТ-330
<b>Пневматическое и автотормозное оборудование</b>	Автотормозное оборудование Компрессор Кран вспомогательного тормоза, блокировочное устройство, датчик №418, система пескоподачи	СТП 09150.17.119 – 2010 СТП 09150.17.111 – 2009
<b>Наружное и внутреннее оборудование вагонов</b>	Внутрисалонное и наружное оборудование Кондиционер кабины машиниста Кондиционер салонов вагонов Туалетный комплекс «Экотол-Вак» (ДР1Б №№500, 501)	СТП 09150.17.111 – 2009 Руководство по эксплуатации кондиционеров LUMIKKO & RVR IC Руководство по эксплуатации кондиционеров КЖ 2-4,5/2,5 ТЭ КБСК 1030 РЭ Комплект санитарно-технического оборудования экологически чистого туалетного комплекса «Экотол-ВАК» на моторном вагоне дизель-поезда ДР1Б. Руководство по эксплуатации
<b>Испытание дизель-поезда</b>	Стационарные испытания Ходовые (обкаточные) испытания	СТП 09150.17.111 – 2009 №592НЗ от 25.06.2013

Обобщая технологию проведения ремонта, можно сказать о том, что здесь строго определена последовательность осуществления операций в стандартах СТП, указах и руководствах к эксплуатации, а также их обоснованность. Однако, только центр ответственности по бизнес-процессу, в лице мастера, принимает решения об отпуске в ремонт того или иного материала, а после передает материальный отчет в бухгалтерию, где экономист, в силу своей компетенции, учитывает уже понесенные затраты без возможности оценить их целесообразность. Для исключения подобного фактора, в структуре железнодорожного транспорта необходимо сформировать Номенклатуру материалов. Причем их группировка должна быть осуществлена по бизнес-процессам и их подпроцессам, что позволит использовать только те материальные ресурсы, которые регламентированы соответствующим процессом.

Здесь не обойтись без цифровизации учета и контроля понесенных затрат с помощью системы ЕК ИСУФР с модулем ТОРО, позволяющих комплексно обеспечить контроль,

анализ и регулирование всех ресурсов. При поступлении ресурса на склад, за ним предлагается закреплять штрих-код, который одновременно и будет являться номенклатурным номером, а также заполняться карточка, форма которой представлена на рисунке.

Таким образом, в производство будет отпускаться только ресурс, предназначенный для конкретного процесса, а материальный отчет в системе ЕК ИСУФР не пропустит никакой другой материал, кроме необходимого, что позволит бухгалтеру учитывать целесообразно понесенные затраты. Стоит отметить, что нормативный срок каждой из устанавливаемых деталей, регламентирован в стандартах, а их преждевременный выход из строя происходит по вине производителя, который предоставил некачественную деталь, либо по вине лица, занимающегося снабжением.

12345868
Компрессор дизель поезда ДР-1Б
Вид ремонта: ТР-2
Поставщик: ОАО «Локомотив и Ко»
Дата поставки: 02.03.2017
Дата установки: 20.03.2017
Срок службы: 5 лет
Дата замены: 20.03.2022
Ответственный за закупку: Иванов И.И.
Ответственный за установку: Петров П.П.

*Рис. 2 Карточка учета материальных ресурсов*

Подобная трансформация и регламентация производственных операций в бизнес-процессы по каждому из структурных подразделений, несущих расходы, позволит сформировать эффективную модель с исключением нецелесообразных расходов, что увеличит эффективность функционирования предприятия в целом.

Подводя итог всему вышесказанному, в основе авторской точки зрения лежит процессный подход, который предполагает четкое определение бизнес-процесса с его подпроцессами и необходимыми для них ресурсами, а также с последующим внесением массива в систему ЕК ИСУФР, что позволит полностью планировать, учитывать и управлять затратами на всех уровнях с учетом специфики железнодорожного транспорта.

### **Список литературы:**

1. Шатров С.Л., Фроленкова Е.О., Кузнецова Н.С.: Процессный подход к организации системы внутреннего контроля железнодорожного транспорта / С.Л. Шатров, Е.О. Фроленкова, Н.С. Кузнецова / Рынок транспортных услуг: проблемы повышения эффективности/ под ред. В.Г. Гизатуллиной. Выпуск 11 – Гомель : Бел-ГУТ, 2018. – С.291-300;
2. Шатров С.Л., Фроленкова Е.О., Кузнецова Н.С.: Учетно-информационная система обеспечения процессного управления в организациях железнодорожного транспорта/ С.Л. Шатров, Е.О. Фроленкова, Н.С. Кузнецова // Вестник ПГУ. – 2018. – С. 72-78;
3. Перечень работ по текущему ремонту ТР-2 дизель-поездов серии ДР1.

## ПРАКТИКА И ПРОБЛЕМАТИКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ОРГАНАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ

Т.А. МАЛАФЕЕВСКИЙ

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены практические примеры реализации СМК в органах государственной власти, результаты, принесенные их внедрением и сертификацией, а также основные проблемы управления качеством в органах государственной власти и необходимые шаги для его развития.

*Ключевые слова:* управление качеством, система менеджмента качества, органы власти, государственные услуги, опыт внедрения систем менеджмента качества в государственных органах, сертификация

Органы государственной власти – основа функционирования страны, и этим обусловлена необходимость качественной их работы. К сожалению, далеко не все органы государственной власти в нашей стране имеют систему качества, а те, что имеют разработки, касающиеся СМК, не всегда ее сертифицируют.

В России и других странах мира органы государственной власти строят свои системы менеджмента качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001, актуальной версией которого в настоящее время является ISO 9001-2015. Данный стандарт является общим стандартом, предъявляющим требования к системам менеджмента качества, но в нем прослеживается явная привязка к деятельности промышленных предприятий наподобие завода, в то время как каждая конкретная область деятельности имеет уникальные особенности, которые нужно учитывать при создании СМК.

Ранее, в 2009 году, был разработан стандарт IWA 4:2009/ГОСТ Р 52614.4-2007. Система менеджмента качества органов власти Сертификат IWA 4:2009 не содержит никаких принципиальных отличий от ИСО 9001, но предлагает комплекс мер, направленных на проверку эффективности СМК. Его ключевая цель – помощь органам местного самоуправления во внедрении системы менеджмента качества с минимальными затратами. Т.е. по сути это адаптация ИСО к работе госструктур. В России разработана адаптированная версия этого стандарта, (ГОСТ Р 52614.4-2016/ИСО 18091:2014 Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ИСО 9001 в органах местного самоуправления).

Этот документ представляет ценность для понимания того, как применить ИСО 9001 в органах власти, однако, основан он на версии стандарта 2008 года, который более неактуален. В связи с этим, **первая проблема** управления качеством в государственных органах связана с отсутствием актуального отраслевого стандарта для построения СМК, адаптированного к российским условиям.

**Вторая проблема** управления качеством в государственных органах власти – это сравнительно низкое количество сертифицированных СМК. Вопросы сертификации систем качества государственных органов власти в России стали широко обсуждаться не так давно, датой начала широкого обсуждения можно считать 13 июля 2016 года, когда на заседании Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил, что в стране необходимо внедрять лучшие управленческие практики.

Темпы сертификации СМК государственных органов власти ниже, чем во многих зарубежных странах. Для новых стран - членов Европейского Союза, например,

сертификация органов власти является обязательным требованием. Такие страны, как Германия, Франция и Великобритания, сертифицировали более 85 процентов органов власти. Сертификацией органов местной власти, префектур и административных округов занимается и Япония, где большинство соответствующих органов сертифицировано на соответствие ISO 9001. В США для высокоэффективных организаций Федерального правительства даже предусмотрена программа ежегодного премирования, действующая с 1988 года, в этой стране первым сертификацию на соответствие ISO 9001 прошло полицейское управление Феникса. Данные для сравнения количества сертифицированных органов государственной власти в различных странах в динамике представлены ниже на рисунках 1 и 2.

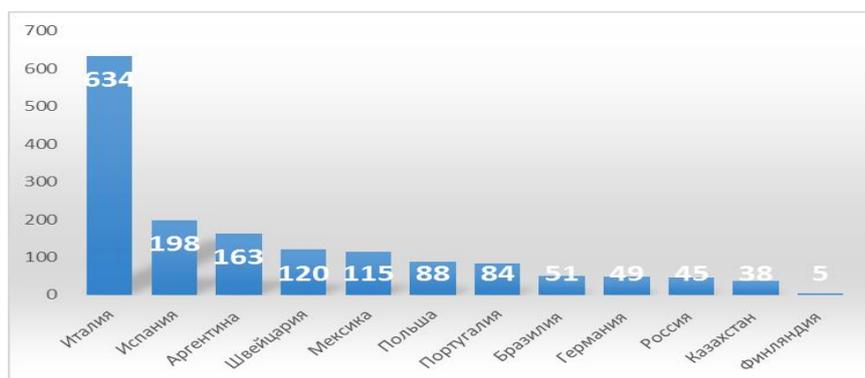


Рис. 1. Количество сертификатов соответствия ISO 9001 по 36 сектору (2011)

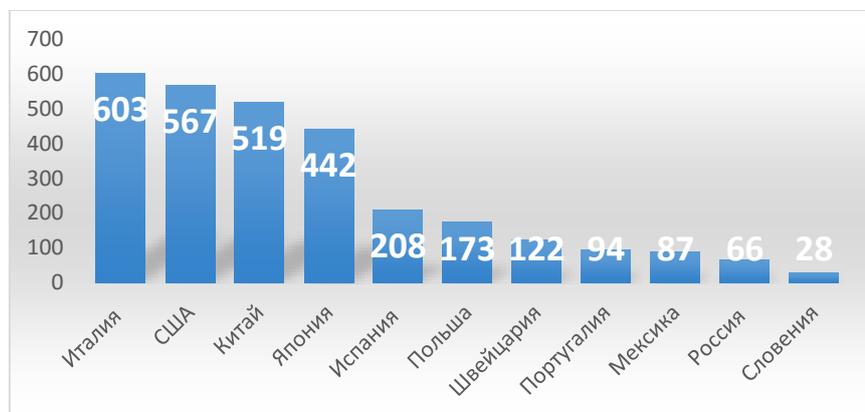


Рис. 2. Количество сертификатов соответствия ISO 9001 по 36 сектору (2013)

Как можно видеть из диаграмм, в России количество сертифицированных органов государственной власти очень невелико в 2011 году по сравнению с другими странами, в 2013 году виден рост числа сертифицированных структур, но все равно общее число остается скромным. Поиск информации об изменении ситуации и о количестве сертифицированных органов государственной власти в России на 2018-19 годы результатов не дали. Известно, что, например, у Федеральной Налоговой Службы, являющейся исполнительным органом государственной власти, есть система качества, но информации о том, что она сертифицирована, нет. В целом же, сертификация очень полезна для развития системы качества, сертификация предполагает проведение аудита, который помогает выявить несоответствия и улучшить работу СМК организации.

Существует ряд примеров, показывающих, что сертификация – один из путей повышения качества работы органов власти. Самым показательным является опыт

Федеральной антимонопольной службы, получившей сертификат сначала по стандарту ISO 9001-2008, а затем подтвердившей соответствие по версии стандарта 2015 года. Внедрение требований стандарта позволило развить систему менеджмента качества, увеличить количество возбуждаемых и рассматриваемых дел в 8 раз, повысить объем взысканий с 280 млн рублей в 45 раз за 8 лет, не увеличивая штат сотрудников. Сертификация Минпромэнерго Чувашской республики позволила оптимизировать процессы, ускорить в три раза их выполнение, сократить число выполненных не в срок документов, снизить сроки рассмотрения запросов граждан с 30 дней до 7-10 дней. Сертификацию в России прошло Министерство промышленности и торговли, Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии РФ, органы власти Москвы и Московской области, Волгоградской, Ростовской, Тюменской областей, Пермского, Красноярского краев и прочие государственные органы власти и местного самоуправления.

**Третья проблема** заключается в том, что улучшение деятельности власти зачастую происходит либо под давлением жалоб народа, либо после того, как осознано отставание уровня развития аппарата управления от уровня других стран. Это отличие от сферы бизнеса обусловлено тем, что государственным органам не с кем конкурировать, снижается стимул к совершенствованию. Помимо этого, в отличие от бизнеса, эффективная и качественная работа госорганов не приносит сверхприбыли, а некачественная работа не несет за собой риска банкротства. В связи с этим, необходимо продумывать систему вознаграждений сотрудникам государственных организаций, выполняющим работу качественно. Причем это должно распространяться не только на руководителей того или иного органа, но и на всех его подчиненных. В органах власти должен вестись постоянный поиск возможностей по улучшению деятельности на всех уровнях, что фактически наблюдается редко. Причиной тому является следующая проблема.

**Четвертая проблема** внедрения и развития систем менеджмента качества в государственных органах связана с тем, что системы показателей, по которым ведется оценка качества работы государственных органов, разработана слабо, зачастую не на всех уровнях присутствует вовсе, в качестве основы оценки берутся количественные макроэкономические показатели, которыми можно оперировать, скрывая реальное положение дел. А это противоречит циклу Шухарта-Деминга Plan-Do-Check-Act, так как исключает возможность объективного анализа достигнутого результата как руководством органов власти, так и основным потребителем – населением страны. Органы власти должны переходить от самооценки и составления отчетов, базирующихся только на личных наблюдениях, к прозрачному ведению базы отзывов о качестве работы на каждом конкретном участке, с целью дальнейшего анализа полученных данных с помощью инструментов качества, принимая меры по полученным результатам. В случае анализа прямых обращений клиентов, необходимо прибегать к услугам независимых экспертов для выяснения причин недовольства граждан с целью большей объективности.

Обратимся к законодательной базе. В России принят Федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 210-ФЗ "Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг". Дополняют его указы Президента № 597 и 601, а также Постановление Правительства РФ от 30.03.2013 N 286 "О формировании независимой системы оценки качества работы организаций, оказывающих социальные услуги" (вместе с "Правилами формирования независимой системы оценки качества работы организаций, оказывающих социальные услуги"). В данных документах указываются примерные показатели, по которым должна проходить оценка качества работы органов власти. Среди них:

доступность и открытость информации, время ожидания при получении услуги, доброжелательность, вежливость и компетентность сотрудников, доля удовлетворенных качеством обслуживания клиентов. Очевидно, что для приведения оценок таких параметров в числовой вид, необходима разработка понятных шкал оценивания, взаимодействие с клиентами и обеспечение для них возможности оценить работу государственного органа. К полученным оценкам необходимо прислушиваться, составляя план корректирующих и предупреждающих действий, а также действий, направленных на улучшение СМК.

**Пятой проблемой** управления качеством в государственных органах власти является то, что внутри территориальных подведомственных органов зачастую положения системы менеджмента качества головного органа не реализуются (полностью или частично). Вопросами качества в таких органах, как правило, занимаются их начальники, а внутри отделов и служб – соответствующие руководители на этих уровнях. Практически же ладом почти полное отсутствие представления у рядовых сотрудников (нередко – и у начальства) о том, что система качества в данном органе вообще существует, не говоря уже о конкретной реализации ее положений.

Но если даже такой подход и применим, и существует теоретическая возможность в каждом органе власти возложить ответственность за функционирование СМК только на руководителей, которые будут всерьез заниматься вопросами качества, нужно понимать, что это приведет к дополнительной потере времени данных ответственных лиц, отвлекая их от основной работы. К тому же, логичнее создавать выделенные службы качества, сотрудники которых имеют представление о том, как система качества должна выглядеть на бумаге и на деле, и имеют профильное образование в сфере управления качеством.

В связи с вышесказанным, необходимыми мерами для улучшения качества работы органов государственной власти и местного самоуправления являются:

- 1) Разработка и поддержание актуальности отраслевого адаптированного стандарта по применению требований ISO 9001 в органах государственной власти и местного самоуправления;
- 2) Поощрение сертификации органов государственной власти и проработка вопроса необходимости принудительной сертификации ключевых органов власти и их подведомственных органов;
- 3) Введение системы стимулирования качественной работы госаппарата (касается в большей части среднего и нижнего уровня) и ориентация на сбор мнений клиентов;
- 4) Разработка и внедрение системы показателей, пригодных для анализа с помощью инструментов качества;
- 5) Создание служб качества внутри федеральных и территориальных органов государственной власти и местного самоуправления.

### **Список литературы**

1. ГОСТ Р 52614.4-2016/ISO 18091:2014 Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ISO 9001 в органах местного самоуправления (с Поправкой). М.: Стандартинформ. 2017.
2. ГОСТ Р 56577-2015 Системы менеджмента качества органов власти. Требования. М.: Стандартинформ. 2015.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ. 2018.
4. Информационный портал компании «Русский Регистр» // rr-info.ru. URL: <https://rr-info.ru/standarty/960.html> (дата обращения: 14.04.2019).
5. Стандарты и качество. Качество государственного управления: системный взгляд // <https://ria-stk.ru> URL: <https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=76368> (дата обращения: 14.04.2019).

## **СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В РОССИИ**

Е. И. ОСИПОВА

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

**Аннотация.** В данной статье исследуются международные, национальные стандарты и схемы сертификации, которые предъявляют требования к созданию системы менеджмента безопасности пищевой продукции, основанной на концепции ХАССП. Проводится их сравнительный анализ, а также приводится обоснование выбора того или иного стандарта (схемы сертификации) в зависимости от целей организации.

*Ключевые слова:* концепция ХАССП, система менеджмента безопасности пищевой продукции.

Проблема обеспечения общества пищевой продукцией, безопасной для здоровья, является острой с момента начала развития пищевой промышленности. Первым подходом, содержащим принципы создания систем менеджмента безопасности пищевой продукции, является концепция ХАССП. В настоящее время на данной концепции основаны многие действующие международные, национальные стандарты и схемы сертификации в области обеспечения безопасности пищевой продукции.

Целью данной работы является исследование международных, национальных стандартов и схем сертификации, основанных на ХАССП, и обоснование выбора того или иного стандарта (схемы сертификации) в зависимости от целей организации.

Актуальность работы заключается в том, что внедрение данных стандартов направлено на выполнение главного требования потребителей к пищевой продукции – безопасности. В дополнение к этому, с февраля 2015 года на территории Таможенного союза, в состав которого входит Российская Федерация, сертификация системы ХАССП стала обязательной для всех предприятий пищевой промышленности. Данное требование представлено в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Аббревиатура ХАССП в переводе с английского языка расшифровывается как «Анализ Рисков и Критические Контрольные Точки» (Hazard Analysis and Critical Control Points, НАССР). В соответствии с ХАССП организациям необходимо проводить анализ химических, физических и биологических опасностей (рисков) для всех этапов процессов организации, которые могут повлиять на безопасность пищевой продукции, и выявлять особо важные этапы с точки зрения безопасности – критические контрольные точки (ККТ).

Наиболее распространенными действующими стандартами и схемами сертификации, основанными на ХАССП, являются:

1. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования»;
2. Международный стандарт ISO 22000:2018 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции». Выпущен взамен ISO 22000:2005.
3. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции». Данный стандарт идентичен международному стандарту ISO 22000:2005.
4. Схема сертификации FSSC 22000 (Food Safety System Certification 22000).

Их сравнительная характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика стандартов ГОСТ Р 51705.1-2001, ГОСТ Р 51705.1-2001, ISO 22000:2018 и схемы сертификации FSSC 22000**

Описание стандарта/схемы	Название стандарта/схемы сертификации			
	ГОСТ Р 51705.1-2001	ГОСТ Р 51705.1-2001	ISO 22000:2018	FSSC 22000
Разработчик	Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации (ВНИИС)	Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации (ВНИИС)	Международная организация по стандартизации ISO	Фонд по сертификации пищевой безопасности (Foundation for food safety certification).
Содержание	-Требования к разработке системы ХАССП	-Требования к разработке системы ХАССП -Принцип «Процессный подход» -Принцип «Непрерывное улучшение» -Прикладные этапы по внедрению ХАССП, разработанные комиссией Codex Alimentarius	-Требования к разработке системы ХАССП -Прикладные этапы по внедрению ХАССП, разработанные комиссией Codex Alimentarius -Требования, предусмотренные высокоуровневой структурой ISO, применительно к обеспечению безопасности пищевой продукции.	-ISO 22000:2018 -ISO/ТС 22002-1 «Программы создания предварительных условий для безопасности пищевой продукции» -Дополнительные требования схемы FSSC 22000
Выгоды от внедрения и сертификации	1.Выполнение обязательных законодательных требований по разработке системы ХАССП 2.Обеспечение постоянного предупредительного контроля над безопасностью пищевой продукции.	1,2 + 3.Создание репутации производителя безопасной пищевой продукции; 4.Создание основы для принятия управленческих решений.	1,2,3,4+ 5.Признание некоторыми компаниями, которые входят в мировую цепочку поставок пищевой продукции; 6.Увеличение инвестиционной привлекательности; 7.Применение новейших подходов к управлению безопасностью пищевой продукции.	1,2,3,4,6,7+ 8.Увеличение мер контроля над безопасностью пищевой продукции за счет выполнение требований технической спецификации и дополнительных требований FSSC. 9.Признание со стороны всех участников мирового рынка, включая крупные международные организации (например, Unilever, Nestle, Metro).

Исходя из сведений, указанных в таблице, можно сделать следующие суждения.

Использование национального стандарта ГОСТ Р 51705.1-2001 дает возможность обеспечить выполнение обязательного требования по внедрению и сертификации ХАССП, однако не обеспечивает сертифицируемые компании конкурентными преимуществами, так как данный стандарт признается ограниченным количеством участников рынка. Также структура стандарта не гармонизирована со структурой стандартов ISO, что становится трудностью для создания интегрированной системы менеджмента в данных организациях.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 22000-2007 позволяет не только выполнить требования по внедрению и сертификации ХАССП, но и создать систему менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП), основанную на принципах процессного подхода и непрерывного улучшения, изложенных в стандарте ISO серии 9000. Также данный стандарт включает в себя прикладные этапы по внедрению ХАССП, разработанные комиссией Codex Alimentarius (лат. Codex Alimentarius — Пищевой Кодекс), созданной при Организации Объединенных Наций. Однако данный стандарт идентичен стандарту предыдущей версии ISO 22000:2005, а не новой версии - ISO 22000:2018. Вследствие этого он не обладает высокоуровневой структурой и не учитывает ряд требований, появившихся в новой версии. Также ограниченное количество зарубежных компаний признает сертификацию по адаптированным национальным стандартам.

Международный стандарт ISO 22000:2018 обладает всеми преимуществами, которые имеют вышеперечисленные стандарты, а также преимуществами, обеспечиваемыми высокоуровневой структурой стандарта и актуальностью версии. Однако сертификация по данному стандарту также не обеспечивает высоких конкурентных преимуществ сертифицируемым компаниям, так как стандарт не включает себя требования к программам обязательных предварительных условий для пищевого производства (мероприятиям по созданию гигиенических условий для производства безопасной пищевой продукции)..

Схема сертификации FSSC 22000 обладает всеми преимуществами стандарта ISO 22000:2018. Также схема признается всеми крупными международными компаниями, так как FSSC 22000 содержит в себе требования к созданию программ предварительных условий, изложенных в Технической спецификации ISO/TC 22002-1.

Так, можно сделать выводы о возможности использования того или иного стандарта (схемы сертификации) в зависимости от целей организации.

Если предприятие пищевой промышленности намерено выполнить только государственное требование по внедрению ХАССП, оно может использовать национальный стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001.

Если организация не планирует сотрудничество с иностранными или международными компаниями, но имеет цель включить систему менеджмента безопасности пищевой продукции в интегрированную систему менеджмента, она может использовать стандарт ГОСТ Р ИСО 22000-2007. В случае если компания работает с международными организациями, которые не предъявляют требования по внедрению программ предварительных условий, она может сертифицироваться по стандарту ISO 22000:2018.

Если компания сотрудничает с крупными иностранными и международными организациями, которые выдвигают обязательное требование по внедрению не только международного стандарта ISO 22000:2018, но и технической спецификации ISO/TC 22002-1 «Программы создания предварительных условий для безопасности пищевой продукции», то таким компаниям необходимо использовать схему сертификации FSSC 22000.

Вывод: таким образом, в данной работе проведено исследование международных, национальных стандартов и схемы сертификации FSSC 22000, основанных на ХАССП, и обоснован выбор того или иного стандарта (схемы сертификации) в зависимости от целей организации.

### Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.04.2019);
2. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции». URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.04.2019);
3. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.04.2019);
4. Официальный сайт фонда по сертификации пищевой безопасности FSSC. URL: <http://www.fssc22000.com> (дата обращения: 12.04.2019);
5. Официальный сайт органа по сертификации SGS. Обзор стандарта ISO 22000:2018. URL: <https://www.sgs.ru> (дата обращения: 13.04.2019)

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА «УМНЫЙ БУДИЛЬНИК»

А.А. ОСЫКА

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

**Аннотация.** В данной статье предлагается разработка проекта “Умный будильник”, который включил в себя все компоненты, необходимые для пробуждения. В тексте приведено описание программного обеспечения и функционала устройства, которые были выбраны для решения поставленной задачи.

*Ключевые слова:* приложение, Arduino, Thingworx, умный будильник, Интернет вещей

### Введение

В связи с постоянным ускорением ритма жизни, в наше время всё более важным оказывается пунктуальность. Однако существует множество людей, которым сложно проснуться от обычного звонка.

Дело в том, что разум человека разделён на две части: эмоциональную и рациональную. Таким образом, практически каждое утро начинается с борьбы: с точки зрения разума вставать необходимо, с точки же зрения желаний – строго противопоказано.

Результатом этой борьбы становится чувство неудовлетворения, возникающее независимо от её результатов, ведь, в любом случае, обе части сознания принадлежат одному человеку.

Как можно выйти из этой ситуации?

Не дать эмоциональной части разума даже задуматься о том, чтобы хотя бы на минуту дольше оставаться в кровати.

С этой задачей сможет справиться «Умный будильник», так как невозможно думать о сне, если будильник летает (не очень быстро и на доступной высоте), брызгает водой, при этом играет мелодию и светится (особенно актуально для тех ситуаций, когда человек вынужден просыпаться без естественного освещения).

Таким образом, к тому моменту, как будильник пойман, человек уже полностью проснётся и даже сделает зарядку.

### Актуальность

В интернете можно найти множество будильников, которые называют «умными». Так какой смысл создавать ещё один?

Умные будильники можно разделить на несколько категорий: световые, с запахом, подвижные, будильники, встроенные в саму кровать. Отдельно можно выделить фитнес трекеры с функцией умного будильника[1].

Разработанный «Умный будильник» имеет ряд преимуществ перед аналогами. В него встроено больше функций, что делает его рассчитанным на более широкую аудиторию. Также он имеет удалённый доступ, связывающий его работы с настройками, которые может менять сам пользователь. Для этого ему необходим только выход в интернет.

В связи с этим, будильник будет иметь особенную ценность для родителей, которым важно, чтобы их ребёнок успел на занятия. Они смогут установить время пробуждения, а также выбрать необходимые функции для будильника, даже находясь далеко от дома, в результате чего ребёнок не сможет проспать.

### Постановка задачи

«Умный будильник» в первую очередь создан для повышения комфорта повседневной жизни. Его главная задача – разбудить пользователя, не дав ему проспать.

### Описание работы интерфейса пользователя

Данным устройством можно управлять с телефона или с компьютера. Для этого был разработан интерфейс пользователя, который состоит из двух окон: основного и окна настройки.



Рис. 1 Основное окно

В основное окно вынесены такие функции как: время включения, включён ли будильник, разбрызгиватель, какой установлен уровень подсветки (рис. 1).

В окно настройки вынесены функции, которые позволяют окончательно настроить будильник: время, через которое будильник отключится автоматически; время, через которое будильник сработает ещё раз, в случае, если его не отключили; могут ли работать разбрызгиватель, подсветка, пропеллер; возможно ли повторное включение будильника в

случае, если он не был отключён в течение установленного времени; есть ли вода в разбрызгивателе.

Эти функции можно увидеть на рис. 2.

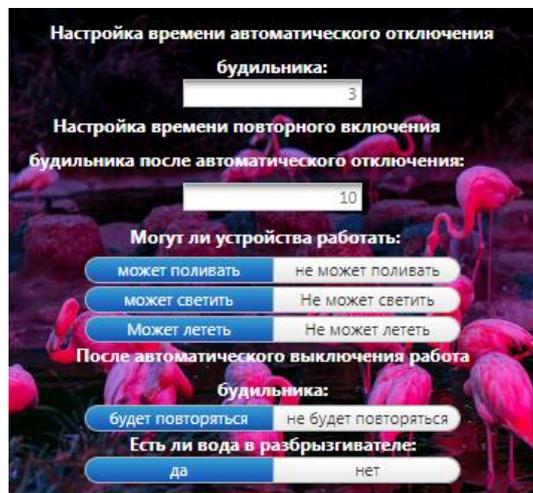


Рис. 2 Окно настройки

Пользователь взаимодействует непосредственно с интерфейсом следующим образом:

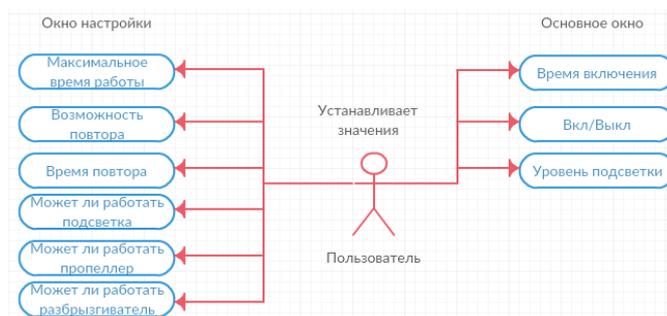


Рис.3 Взаимодействие пользователя с интерфейсом

Пользователь может устанавливать значения различных свойств, представленных на рис.3.

### Описание взаимосвязи между устройством и приложением

Далее рассмотрим то, как устройство связано с приложением.



Рис. 4. Взаимосвязь устройства с приложением

На рисунке 4 можно увидеть, что только данные, полученные в результате нажатия на кнопку, передаются в приложение. Все остальные данные, напротив, передаются из приложения на устройство.

Таким образом, когда пользователь нажимает кнопку, на сервер передаётся информация о том, что будильник выключен, и в результате срабатывания программы отключаются все остальные настройки на сервере. Затем данные об их отключении передаются обратно на устройство, и оно перестаёт работать.

### Описание работы приложения

На рисунке 5 показано как работает приложение. Таким образом, становится понятно, что будильник будет работать, если он включен, пришло время работы и его не пробовали отключить.

Также, если выполнены три вышеперечисленных условия, сработают все функции будильника, если они были включены ранее (при настройке свойств на интерфейсе пользователя).

Для реализации программного обеспечения было использовано:

- 1) Платформа PTC Thingworx- платформа для создания системы [3].
- 2) Arduino IDE - среда разработки[2].

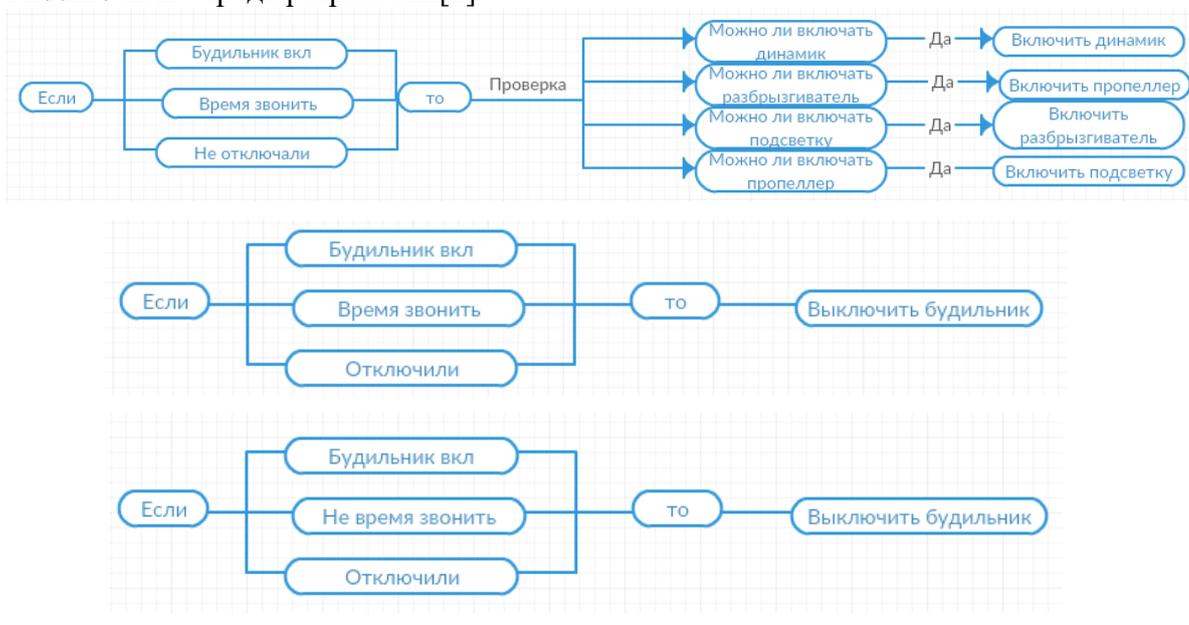


Рис. 5. Логика работы приложения

### Заключение

В результате разработки данного проекта была получена программа для устройства “умный будильник”, которая не позволит проспать.

### Список литературы

1. 5 умных будильников, чтобы легко просыпаться [Электронный ресурс] // The Village. URL: <https://www.the-village.ru/village/business/gadget/342321-alarm-smarter-than-any-human> ;
2. Курс «ARDUINO для начинающих» [Электронный ресурс] // Занимательная робототехника. URL: <http://edurobots.ru/kurs-arduino-dlya-nachinayushhix/>;
3. Платформа для промышленных инноваций Thingworx [Электронный ресурс] // ptc. URL: <https://www.ptc.com/ru/products/iot/thingworx-platform> (дата обращения 05.04.19);
4. Почему мы так иррациональны [Электронный ресурс] // Издательство Манн, Иванов и Фербер. URL: <https://blog.mann-ivanov-ferber.ru/2018/07/19/uspeh-ubegayushhego-budilnika-ili-pochemu-my-tak-irrationalny/>
5. Эмоциональный и рациональный мозг [Электронный ресурс] // pikabu. URL: [https://pikabu.ru/story/yemotsionalnyiy\\_i\\_ratsionalnyiy\\_mozg\\_4483267](https://pikabu.ru/story/yemotsionalnyiy_i_ratsionalnyiy_mozg_4483267)

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ИНТЕРНЕТ-РЕКЛАМЫ

А.Э. ПАРАХИН

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение метода причинно-следственной диаграммы Исикавы в организациях интернет рекламы. Описан метод построения диаграммы Исикавы, её плюсы и минусы. Также описывается новейшие тенденции в сфере интернет рекламы и адаптация диаграммы Исикавы под организацию интернет-рекламы на основе личного опыта автора.

*Ключевые слова:* диаграмма Исикавы, киберспорт, twitch, youtube, интернет-реклама, видеоблог, стрим, рекламная кампания(РК).

Большую популярность набирает киберспорт и все большее внимание он привлекает у молодежи. Призовые за крупные турниры переваливают отметку в 30 миллионов долларов и за этим зрелищем наблюдает миллионы зрителей. Соответственно в этой сфере стали появляться рекламные агентства, которые занимаются размещением рекламы не только на YouTube, но и на Twitch, где и транслируются киберспортивные турниры.

Twitch — видеостриминговый сервис, специализирующийся на тематике компьютерных игр, в том числе трансляциях геймплея и киберспортивных турниров. Видео на платформе Twitch можно просматривать как в реальном времени, так и по запросу. Сервис был создан в 2011 году.

В любой организации время от времени сталкиваются с тем, что на их пути возникают определённые препятствия и проблемы. Но вот истинную причину появления той или иной проблемы определить удаётся далеко не всегда, а сама она может быть лишь видимым следствием того, что скрыто от нашего внимания где-то внутри. И чтобы понять основные причины возникновения проблем и устранить их удобно прибегнуть к использованию разработанного специально для этого приёма – диаграммы Каору Исикавы – профессора Токийского университета.

Диаграмма представляет собой график, который позволяет в простой и доступной форме систематизировать все потенциальные причины рассматриваемых проблем, выделить самые существенные и провести поуровневый поиск первопричины. (рис.1)

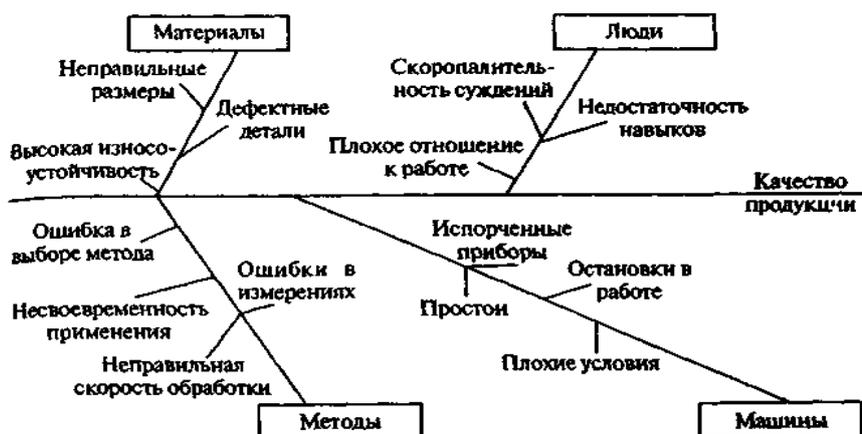


Рис.1 Диаграмма Исикавы

Правила построения диаграммы Исикавы:

1. Все участники должны прийти к единому мнению относительно формулировки проблемы.

2. Изучаемая проблема записывается с правой стороны в середине чистого листа бумаги и заключается в рамку, к которой слева подходит основная горизонтальная стрелка - "хребет"

3. Наносятся главные причины (причины уровня 1), влияющие на проблему, - "большие кости". Они заключаются в рамки и соединяются наклонными стрелками с "хребтом".

4. Далее наносятся вторичные причины (причины уровня 2), которые влияют на главные причины ("большие кости"), а те, в свою очередь, являются следствием вторичных причин. Вторичные причины записываются и располагаются в виде "средних костей", примыкающих к "большим". Причины уровня 3, которые влияют на причины уровня 2, располагаются в виде "мелких костей", примыкающих к "средним", и т. д.

5. При анализе должны выявляться и фиксироваться все факторы, даже те, которые кажутся незначительными.

В зависимости от специфики организации и вида проблем диаграмма Исикавы будет различная и для того, чтобы смоделировать ситуацию и разработать необходимую диаграмму Исикавы конкретно под организацию интернет рекламы необходимо разобрать основные процессы организации и критерии результативности.

Разберем по пунктам порядок создания рекламы:

1. Все начинается с обращение клиента в организацию с целью размещения рекламы у стримера или видеоблогера.

2. Определяются основные характеристики, которые должны быть достигнуты во время проведения рекламной кампании (лиды, кол-во просмотров, кол-во переходов, охват и т.п.)

3. Создание соответствующего креатива с одобрением рекламодателя

4. Подбор подходящих исполнителей с необходимой целевой аудиторией где данный видеоблогер или стример является лидером мнений.

5. Размещение рекламы на канале или стриме исполнителя

6. Составление отчета о выполненной рекламной кампании

Теперь смоделируем проблему, которая часто возникает в подобных организациях: Неудачная реализация рекламной кампании.

Для построения диаграммы Исикавы (рис.2) воспользуемся ранее описанными правилами построения.

После анализа диаграммы организация решает, какие области достойны дальнейшего исследования в качестве потенциальных корневых причин. После того, как эти области определены (обычно две или три), собираются данные, чтобы удостовериться, что исследуемые области, действительно, являются корневыми причинами «результата» проблемы.

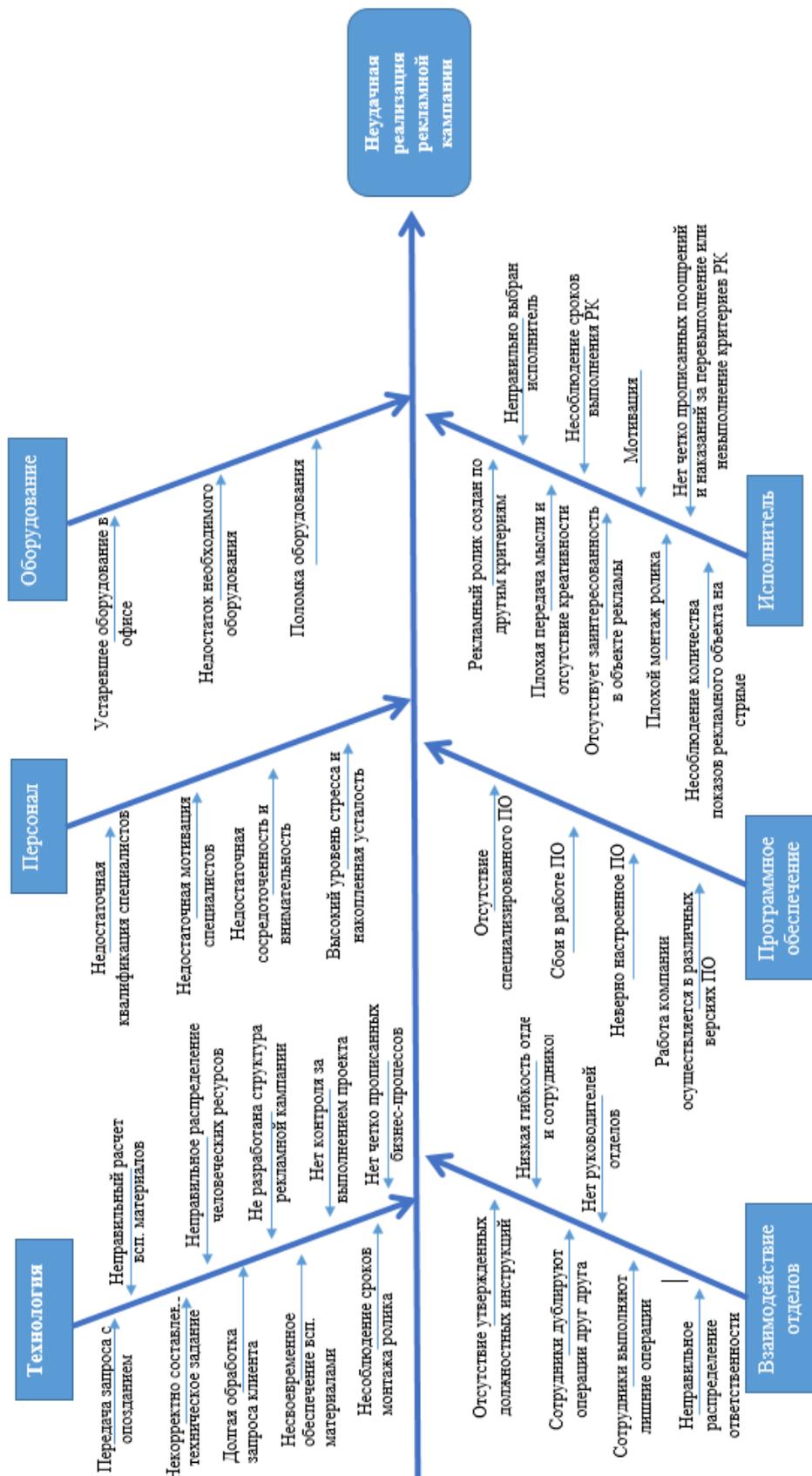


Рис.2 Диаграмма Исикавы в организации интернет рекламы

Исходя из всего вышеизложенного, можно выявить очевидные достоинства диаграммы Исикавы. Ими, в свою очередь, являются, во-первых, возможность раскрыть свой (и других участников) творческий потенциал, который позволит найти неординарные способы решения поставленной задачи. И, во-вторых, возможность найти взаимосвязь между всеми причинами и факторами, влияющими на проблему, и произвести оценку их влияния на неё.

Однако у метода Исикавы есть и свои недостатки, которые также необходимо учитывать в своей работе. Первым недостатком является то, что не существует каких-либо правил проверки диаграммы в обратном направлении от первопричины к результатам, т.е. логическую цепочку причин и факторов, ведущих к первопричине, рассмотреть не представляется возможным. Второй же недостаток заключается в том, что составленная, в конечном счёте, диаграмма может выразиться в очень сложной схеме и не иметь чёткой структуры, что значительно затрудняет объективный анализ и исключает возможность сделать максимально правильные выводы.

### Список литературы

1. Вольфсон, Б. (2017). Гибкое управление проектами и продуктами. Санкт-Петербург: Питер;
2. Диаграмма Исикавы. (2014). Получено из forpm: <http://forpm.ru/Диаграмма-исикавы/>;
3. Правила построения диаграммы исикавы. Диаграмма Исикавы – полезный инструмент в жизни и работе. (б.д.). Получено из elektrokomplektnn.ru: <https://elektrokomplektnn.ru/electricity/rules-for-constructing-a-chart-of-ishikawa-diagram-of-ishikawa-is-a-useful-tool-in-life-and-work/>.

## БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С.С. РЯСКОВ, Я.С. РЯСКОВ

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы, связанные с концепцией бережливого производства, а также с разработкой и внедрением производственной системой Росатом как одного из методов организации управления производством. Проанализировано понятие производственной системы Росатом, миссия и назначение, стратегические цели и задачи, принципы построения и используемые инструменты. Показан опыт внедрения ПСР на предприятиях атомной отрасли с 2008 г. по настоящее время.

*Ключевые слова:* концепция бережливого производства, производственные системы, эффективность, Госкорпорация «Росатом»

В последнее десятилетие XXI в. концепция бережливого производства получила широкое распространение на российских предприятиях в качестве важнейшего инструмента повышения эффективности деятельности одного отдельно взятого предприятия и всей российской промышленности в целом.

Бережливое производство (далее – БП) – логистическая концепция управления бизнесом, сфокусированная на разумном сокращении размеров заказа на выпуск продукции, удовлетворяющей спрос при повышении ее качества; снижении уровня запасов используемых ресурсов; постоянном повышении квалификации производственного персонала, охватывающим весь контингент; внедрение гибких производственных технологий и интегрирование их в единые цепи с взаимодействующими технологиями партнеров. БП предполагает определенный способ мышления, рассматривая любую деятельность с точки зрения ценности для потребителя и сокращения всех видов потерь.

Концепция БП направлена на:

- постоянное повышение удовлетворенности потребителей;
- постоянное повышение результативности и эффективности бизнес-процессов;
- упрощение организационной структуры и улучшение процессов управления;
- создание системы, способной быстро и гибко реагировать на изменение внешней среды.

В рамках реализации концепции БП на предприятиях ГК «Росатом» разработана производственная система Росатом (ПСР), представляющая собой культуру бережливого производства и систему непрерывного совершенствования процессов для обеспечения конкурентного преимущества на мировом уровне. ПСР – это методически целостный отраслевой комплекс взаимосвязанных производственных процессов, в которых действия, не создающие ценность, сведены к минимуму в результате последовательных улучшений при помощи принципов, правил, инструментов и методов.

ПСР базируется на системах управления, используемых на российских предприятиях до 1917 г., советской системе научной организации труда, производства и управления, разработках Министерства среднего машиностроения. Научная мысль в области менеджмента стремительно развивается, поэтому в ПСР включены лучшие достижения и инструменты из других современных методических платформ, в т.ч. из Японии [1].

Новые стратегические цели, поставленные перед ГК «Росатом», а именно: достижения технологического лидерства в области ядерных технологий (повышение доли на международных рынках), снижения себестоимости продукции и сроков протекания процессов, создания новых продуктов для российских и международных рынков, обеспечение безопасности, в новых экономических условиях, требует использования новых методов, новых подходов, новой производственной системы [2].

**Миссия ПСР:** создать на базе лучших образцов отечественного и зарубежного опыта универсальную методологию управления комплексной оптимизацией производственных и управленческих процессов, пригодную для тиражирования в других отраслях народного хозяйства [3].

**Назначение ПСР.** ПСР призвана максимизировать продуктивные действия на единицу времени на каждом рабочем месте путем последовательного исключения потерь в производственных и управленческих процессах. ПСР обеспечивает поступательный рост производительности производственных процессов, снижение себестоимости продукции и повышение качества рабочего и управленческого труда. Внедрение ПСР нацелено на встраивание идей рачительности и оптимальности в логику принятия управленческих решений на производстве, а через производство - и в другие процессы и структурные подразделения компании.

**Целью внедрения ПСР** является создание на базе лучших образцов отечественного и зарубежного опыта универсальной методологии системы управления комплексной оптимизацией производственных и управленческих процессов, апробация ее на предприятиях ГК «Росатом».

**Задачами ПСР являются:**

- Выявление ключевых продуктов Росатома и параметров их конкурентоспособности;
- Постановка целей по ключевым продуктам;

- Разработка методических документов по применению инструментария оптимизации производственных процессов, диагностики системы управления производством и трудовых ресурсов;
- Оптимизация производственных процессов;
- Проведение диагностики производства по ключевым продуктам для выявления резервов повышения производственной эффективности;
- Реализации комплексных программ повышения производственной эффективности дивизионов по результатам проведенной диагностики;
- Создание отраслевой инфраструктуры для обеспечения процесса повышения производственной эффективности.

**Принципы ПСР.** ПСР базируется на 5 принципах, изложенных в Декларации о производственной системе Росатом:

- быть внимательными к требованиям заказчика;
- решать проблемы в месте их возникновения;
- встраивать качество в процесс, не производить брак;
- выявлять и устранять любые потери;
- быть примером для коллег.

**Инструменты ПСР** включают в себя [4]:

- Система 5С – наведение порядка на рабочих местах и предприятиях;
- Поток создания ценностей. Последовательность действий в процессе по созданию продукта;
- Тянущая система Канбан – каскадная система производства и поставки изделий в соответствии с сигналами клиента;
- Картирование потока создания ценностей. Инструмент визуализации и анализа материального и информационного потоков;
- Поток единичных изделий. Технологическая цепочка, при которой передача изделий происходит по одной штуке (или минимальной партии);
- Всеобщее обслуживание оборудования, позволяющее обеспечить эффективность оборудования на протяжении всего жизненного цикла;
- Быстрая переналадка. Процесс для перехода от производства одного вида детали к другому за максимально короткое время;
- Стандартизированная работа. Инструмент, в основе которого лежит точное измерение и документирование действий каждого оператора;
- Решение проблем методом «одна за одной». Это поэтапное решение производственных проблем, что позволяет выявить его суть и принять эффективные меры для ее решения;
- Визуальное управление. Наглядное представление проблем, потерь и достижений в режиме реального времени;
- Производственный контроль. Мониторинг отклонений выпуска продуктов от целевых показателей. Осуществляется на ключевых стадиях процесса.

**Развертывание ПСР.** Выделяют три этапа развертывания:

1 этап: 2008-2011 гг. ПСР обкатывалась на пилотных площадках (182) и рассматривалась как набор эффективных инструментов для исключения потерь в производственных процессах.

2 этап: августа 2011-2013 гг. Системное развертывание ПСР (декомпозиция целей предприятия до уровня начальника участка, оптимизация производства основных продуктов предприятия (производственные потоки), реализация ПСР-проектов, обучение, программы мотивации для разных уровней сотрудников) происходило на 10 предприятиях и позволило достичь существенных результатов.

3 этап: 2014 г – по н.в. ПСР рассматривается, как реально действующая корпоративная система непрерывного совершенствования производства и управленческих процессов. В 2016 г. ПСР-движение охватывало 18 предприятий, а это 64 оптимизированных производственных потока, около 2 тысяч ПСР-проектов и 45 тысяч предложений по улучшениям.

Таким образом, деятельность государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» в новых экономических условиях, острая конкуренция на международных рынках, существенная актуализация вопросов, связанных с обеспечением безопасности АЭС, потребовала разработки новых стратегических целей, задач, показателей, производственной системы, основанной на новых принципах и используемых инструментов.

В 2018 г. ПСР системно внедрили на 27 предприятиях, продукция которых составляет более 80% себестоимости ГК «Росатом». В отрасли оптимизировано 88 производственных потоков, реализовано более 3 тыс. ПСР-проектов и подано более 50 тыс. предложений по улучшениям. С 2010 по 2018 гг. оптимизация продолжительности ремонта на АЭС сэкономила 15,7 млрд рублей, а внедрение ПСР на стройках — 32,8 млрд рублей. С 2017 г. ПСР вышла за пределы атомной отрасли путем реализации 43 проектов создания «бережливых» поликлиник в атомных городах. В 2018 г. было реализовано уже 60 проектов. Как отметил генеральный директор ГК «Росатом» А. Лихачев: «Если сначала ПСР вышла в атомные города, в поликлиники наших городов, то сейчас ПСР стала общенациональной и превратилась в большую программу по повышению производительности труда в Российской Федерации» [5].

### Список литературы

1. Обозов С.А. У Производственной системы Росатом отечественные корни. // Блок о производственном менеджменте LeanInfo. URL: <http://www.leaninfo.ru/2012/02/08/psr-origins> . (Дата обращения: 01.03.2019);
2. Официальный сайт производственная система «Росатом» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ps-rosatom.ru>. (Дата обращения: 01.04.2019);
3. Сайт «Российского атомного общества». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.atomic-energy.ru/PSR](http://www.atomic-energy.ru/PSR). (Дата обращения: 01.03.2019);
4. Антипов С.И. Производственная система «Росатом». Опыт концерна РосЭнергоАтом. "РЭА", 2016. URL: [www.up-pro.ru/library/production\\_management/systems/rea-rosatom-arhipov.html](http://www.up-pro.ru/library/production_management/systems/rea-rosatom-arhipov.html). (Дата обращения: 01.04.2019);
5. Производственная система Росатома. Базовый курс. Академия Росатома. URL: [economy.samregion.ru/upload/iblock/1f0/posobie-dlya-izucheniya\\_psr.bazovyy-kurs.pdf](http://economy.samregion.ru/upload/iblock/1f0/posobie-dlya-izucheniya_psr.bazovyy-kurs.pdf). (Дата обращения: 01.03.2019).

## **ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Е. А. СМИРНОВА

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

Аннотация. В данной работе рассматриваются проблемы, которые возникают на начальных этапах внедрения системы бережливого производства на примере предприятия полиграфической отрасли. В ходе написания работы была составлена таблица, отражающая проблемы и пути их решения.

*Ключевые слова: система бережливого производства, потери, проблемы внедрения.*

Целью данной работы является установление основных проблем, возникающих на начальных этапах внедрения системы бережливого производства, и способы их решения.

Актуальность работы заключается в том, что в современных условиях жесткой конкуренции для предприятий, которые хотят улучшить или удержать свои позиции на рынке, становится необходимостью постоянное увеличение эффективности производства. Как правило, на предприятии производственные процессы взаимосвязаны друг с другом, а, следовательно, неисправность на любом этапе может стать причиной сбоя в работе всего предприятия.

Таким образом, для увеличения эффективности необходимо стабильное функционирование всей производственной системы. В качестве одного из решений, направленных на обеспечение данной стабильности, можно рассмотреть систему бережливого производства. Данная система представляет собой подход к управлению организацией, который направлен на повышение качества за счет сокращения потерь.

Несмотря на множество преимуществ системы, зачастую при ее внедрении многие предприятия сталкиваются с проблемами. В данной работе рассматриваются проблемы внедрения системы бережливого производства в организации полиграфической отрасли на примере ООО «ММ Полиграфоформление Пэкэджинг» (далее ММ «ПОФ»).

ММ «ПОФ» - производственная площадка группы компаний Mayr-Melnhof. Основное направление деятельности предприятия это производство этикетки и упаковки для производителей продуктов питания и товаров народного потребления. Вопрос внедрения Системы бережливого производства (СБП) возник в 2014 году после очередного визита представителя головного офиса из Вены.

Руководством была поставлена цель: снизить за год количество затраченных листов на производство одного наряда с 1400 до 800. Так как на начальных этапах внедрения СБП из всех возможных потерь наибольший упор делался на экономии сырья, то проект получил название «Waste». В ММ «ПОФ» под Waste подразумевается разница между выданным сырьем со склада и готовой продукцией сданной на склад, то есть все, что не продано заказчику.

Данный проект существует и на сегодняшний день и представляет собой усеченный вариант СБП. Как и многие другие производственные организации ММ «ПОФ» столкнулись с рядом проблем на начальных этапах внедрения проекта.

Таблица 1

**Проблемы, возникающие на начальных этапах внедрения СБП**

Проблема	Суть проблемы	Возможные последствия игнорирования проблемы	Решение проблемы
Непонимание	Отсутствие понимания сути СБП, цели ее введения, принципов работы сотрудника в рамках системы.	Ожидание существенных результатов в короткие сроки. Когда ожидания не оправдываются, сотрудник ставит под сомнение эффективность СБП и прекращает работать в рамках системы. Это приводит к следующей проблеме – «Сопrotивление со стороны сотрудников».	Тренинги. В организации существует «Кайдзен класс», в котором менеджер по проектам или руководитель отдела проводит встречи с сотрудниками. На данных встречах происходит объяснение сути СБП, разъяснение непонятных моментов, ставятся цели перед сотрудниками в рамках СБП.
Сопrotивление со стороны сотрудников	Здесь рассматриваются варианты, когда сотрудник оказывает сопротивление неосознанно и осознанно. - Если сотрудник после проведения встречи в «Кайдзен классе» не до конца осознал суть СБП, то он невольно может оказывать сопротивление работе системы, продолжая выполнять свои обязанности так же, как и до внедрения СБП. - На производстве у сотрудников периодически возникает время, когда они не выполняют работу (например, находятся в ожидании). До внедрения СБП сотрудник мог это время потратить на себя. После внедрения СБП ужесточились требования руководства, возникли операции, на выполнение которых тратится «свободное время». Например, приведение рабочего места в порядок согласно методу 5С. В данном случае сотрудник лишается возможности уделить время себе и потратить его на выполнение операции, за которую ему не доплачивают. Выход из зоны комфорта провоцирует осознанное сопротивление.	Осознанное/неосознанное сопротивление системе – явление единичное (т.е. не затрагивает большое количество людей). Но, несмотря на это, даже один сотрудник оказывает влияние на эффективность работы системы. Несоблюдение новых требований руководства может послужить причиной возникновения потерь не только на этапе его работы, но и на всех взаимосвязанных с ним других этапах.	Так как после проведения ознакомительных тренингов у большинства сотрудников такой проблемы не возникает, то смысла проводить повторные встречи – нет. Сотрудников, которые осознанно или неосознанно оказывают сопротивление системе, обнаруживают в ходе работы производства. После чего их приглашают на личную беседу с менеджером проекта или руководителем отдела. На данной встрече: - Определяют и повторно разъясняют непонятные моменты (для неосознанного сопротивления). - Проводят повторное разъяснение необходимости внедрения СБП. Огласовывается предупреждение о мерах наказания за осознанное сопротивление.

Проблема	Суть проблемы	Возможные последствия игнорирования проблемы	Решение проблемы
Отсутствие идей по улучшению	На начальных этапах эта проблема зачастую отсутствует, так как сотрудниками предлагаются решения самых поверхностных проблем. На практике ММ «ПОФ» данная проблема возникла спустя 3 года существования проекта «Waste», когда остались труднодостижимые цели, требующие больших усилий. Зачастую чтобы подобрать решение проблемы необходимо провести анализ. В виду отсутствия надобных компетенций сотрудники производства полный анализ с их стороны отсутствует.	Проблемы, требующие анализа для нахождения решения и больших усилий для его достижения, продолжают существовать и являются причинами потерь. В свою очередь это не позволяет СБП функционировать в полную силу.	В «Кайдзен классе» провести занятия, на которых ознакомить сотрудников с инструментами и методами менеджмента качества. Чтобы найти решение проблемы необходимо установить ее причину. Этом можно сделать используя, например, диаграмму Исикавы для установления общей причины, метод «5 Почему?» для конкретизации причины и мозговой штурм для поиска решения. На сегодняшний день данное решение не внедрено, остается на стадии планирования.

Из таблицы становится очевидно, что самые распространенные проблемы на начальных этапах внедрения СБП связаны с сотрудниками, их осознанием важности нововведения. Для всех сотрудников организации начиная с генерального директора и заканчивая младшим обслуживающим персоналом необходимо понимание, что СБП предусматривает постоянное обучение и совершенствование, которые в свою очередь требуют времени. Также значительным является наличие компетентных в данном вопросе руководителей. Представитель, не имеющий соответствующих знаний и навыков, только подорвет уверенность в эффективности системы. Однако самым важным фактором, оказывающим влияние на успех функционирования системы, является соответствие моральных ценностей принятых в организации ценностям, заложенным в СБП. Здесь следует обратить внимание, что СБП была разработана японскими инженерами ориентированная на их менталитет и моральные ценности. Таким образом, на российских предприятиях потребуется немало времени для адаптации сотрудников к системе.

Данная таблица удобно отражает проблемы, с которыми сталкиваются организации на начальных этапах внедрения СБП. Обращаясь к практике внедрения СБП на предприятии ММ «ПОФ», стоит отметить, что уже за первый год удалось перевыполнить поставленную цель: количество затраченных листов на производство одного наряда снизилось с 1400 до 759. Несмотря на то, что ММ «ПОФ» занимается внедрением относительно недолго, их опыт может помочь другим организациям осознать потенциальные результаты игнорирования проблем и подсказать способы их решения.

### Список литературы

1. Методика бережливого производства: в чем ее смысл и какими инструментами она оперирует. URL: <https://practicum-group.com> (дата обращения: 24.04.2019);
2. Lean система (Бережливое производство). URL: <https://www.src-master.ru> (дата обращения: 24.04.2019).

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТСКИХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ЛАГЕРЕЙ

О.В. ТЕМНОВА

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

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы обеспечения качества детских оздоровительных лагерей. Описана необходимая нормативная база и представленные в ней требования.

*Ключевые слова:* качество, детский оздоровительный лагерь

Обеспечение качества детских оздоровительных лагерей (далее – ДОЛ, лагерь) всегда было, есть и будет актуальной задачей. Жизнь, психическое, физическое и моральное здоровье каждого отдельно взятого ребенка имеют высочайшую цену, что совершенно не дает права на ошибку.

Любой ДОЛ оказывает населению ряд платных услуг, которые необходимо предоставлять на высшем уровне. Как потребители, дети и их родители с каждым годом становятся все более требовательными. И только качественная и слаженная работа всех составляющих лагеря способна гарантировать то, что дети уедут счастливые и вернуться на следующий год.

Родители, отправляя ребенка в лагерь, всегда придерживаются ряда минимальных требований: безопасность, здоровое питание, медицинское обслуживание, интересная и полезная культурная программа, профессиональные воспитатели и вожатые, также важна возможность связаться с ребенком. Большинство лагерей могут «показать», что справляются с этим минимумом, но это вовсе не обеспечивает качество.

Для установления наиболее полного списка требований, которые необходимо выполнить для обеспечения действительно качественного отдыха в ДОЛ, стоит обратиться к СанПиН 2.4.4.3155-13 (с изменениями на 22 марта 2017 года). Требования, выраженные в данном документе, включают в себя:

- Требования к земельному участку при размещении ДОЛ;
- Требования к территории ДОЛ;
- Требования к зданиям, помещениям и оборудованию;
- Требования к водоснабжению и канализации;
- Требования к отоплению, вентиляции и воздушно-тепловому режиму в помещениях;
- Требования к естественному и искусственному освещению и инсоляции;
- Требования к оборудованию столовой, инвентарю, посуде;
- Требования к условиям хранения, приготовления и реализации пищевых продуктов и кулинарных изделий;
- Требования к организации питания детей;
- Требования к режиму дня;
- Требования к санитарному содержанию помещений и территории ДОЛ;
- Требования к выполнению санитарных правил и организации работы медицинского персонала.

Все перечисленные выше требования позволяют качественно оценить способность лагеря обеспечить безопасность размещения детей, их питания и медицинского

обслуживания. Каждый из этих факторов, безусловно, важен во время смены, но работа лагеря не начнется, пока в него не приедут дети.

Поэтому, следует обратиться к постановлению правительства РФ от 17 декабря 2013 года N 1177 «Об утверждении Правил организованной перевозки группы детей автобусами» (с изменениями на 8 августа 2018 года), где представлены требования:

- К используемому транспорту (автобусу);
- К необходимому перечню документов;
- К водителю, осуществляющему перевозку;
- К подаче уведомления (1-2 автобуса) об организованной перевозке группы детей в подразделение Госавтоинспекции или заявки на сопровождение (3 и более автобусов) автомобилями подразделения Госавтоинспекции транспортных колонн;
- К временным, суточным и возрастным ограничениям;
- К сопровождающим.

Соблюдение требований данного постановления, а также правил дорожного движения, позволит детям добраться до лагеря в комфортных и безопасных условиях. Но каким бы идеально качественным не был лагерь в плане обустройства, все решают люди – работники.

Существует множество профессиональных стандартов от повара или тренера до вожатого (специалист, участвующий в организации деятельности детского коллектива) или воспитателя (педагог). Каждый из них прописывает основные требования к работникам: образование, должностные обязанности, знания и умения. Для медицинских работников также существует дополнительные инструкции, приведенные в приказе Минздрава России от 13 июня 2018 года N 327н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи несовершеннолетним в период оздоровления и организованного отдыха».

Родители, говоря о профессиональном педагогическом составе, обычно подразумевают людей с высшим педагогическим образованием, что не совсем верно. Действительно, воспитатель, являющийся педагогом, должен иметь высшее педагогическое образование, при этом вожатый не обязан иметь высшего образования, но должен пройти курс педагогической подготовки. Обычно, в роли вожатого выступают студенты педагогических вузов, выезжающие на практику. Здоровую конкуренцию им составляют участники Студенческих Педагогических Отрядов, которые, зачастую, работают ничуть не хуже, а даже лучше, чем практиканты. С каждым годом законодательство ужесточается, и получить сертификат вожатого становится сложнее. Во многих лагерях также существует такое понятие, как «стажер». Стажерами являются дети, достигшие шестнадцати лет, но еще не достигшие совершеннолетия. Обычно стажеры проходят подготовку на базе лагеря, но будучи детьми, не несут никакой ответственности.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что основным проблемным фактором, что в ДОЛ, что в любой другой организации, все еще являются люди. Руководство, которое старается минимизировать расходы. Работники, которые недобросовестно выполняют свою работу. Обеспечение качества детских оздоровительных лагерей имеет под собой хорошую нормативную базу, где полностью расписаны все требования, выполнение которых, может и будет дорого стоить, но позволит детям провести свое лето достойно.

### **Список литературы**

1. СанПиН 2.4.4.3155-13 "Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы стационарных организаций отдыха и оздоровления детей" (с изменениями на 22 марта 2017 года);

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2013 года N 1177 «Об утверждении Правил организованной перевозки группы детей автобусами» (с изменениями на 8 августа 2018 года);
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25 декабря 2018 года N 840н «Об утверждении профессионального стандарта "Специалист, участвующий в организации деятельности детского коллектива (вожатый)»» (с изменениями на 11 февраля 2019 года).

## **ОБЗОР ПРОБЛЕМАТИКИ И КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСТАВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ООО ВО «РЕСТЭК»**

К.Е. ХОРЕВ, Д.П. ШУРГАЕВ

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

**Аннотация.** В работе приведена характеристика компании Общество с ограниченной ответственностью Выставочное объединение «РЕСТЭК». Выявлены проблемы в основной деятельности предприятия. Представлены предварительные рекомендации по решению данных проблем и повышению качества деятельности компании.

*Ключевые слова:* «РЕСТЭК», мероприятие

На сегодняшний день существует огромное количество различных компаний. Одним из основных факторов успеха любой из них является грамотная автоматизация всех бизнес-процессов организации для повышения качества основной деятельности. Управление современным предприятием в условиях текущей рыночной экономики представляет собой сложный процесс, включающий в себя выбор и реализацию определенного набора управленческих воздействий на текущих временных отрезках с целью решения стратегической задачи обеспечения его устойчивого финансового и социально - экономического развития.

Целью написания работы является исследование современного состояния, проблем и путей совершенствования деятельности объекта экономики на примере ООО ВО «РЕСТЭК». Актуальность темы обусловлена необходимостью более эффективного управления бюджетом предприятия и экономией денежных ресурсов, а также вовремя анализировать бизнес-процессы организации выставок для более качественного проведения деловых мероприятий и внимания на ключевых факторных признаках.

Компания ООО ВО «РЕСТЭК» была основана в 1990 году. Высокий уровень организации и проведения компанией «РЕСТЭК» выставочных и конгрессных мероприятий признан специалистами российского и международного рынков. «РЕСТЭК» является действующим членом РСВЯ, многие из проектов компании успешно проходят ежегодно аудиты и отмечены знаками данных организаций. Сотрудничество с ведущими российскими и зарубежными выставочными операторами позволяет компании осваивать современные выставочные технологии и инструменты, разрабатывать новые проекты международного уровня, способствует интеграции отечественных предприятий в международное бизнес-сообщество.

На сегодняшний день представлено большое количество методик оценки качества. Однако действующих способов оценки качества проведения массовых мероприятий немного. Успех от реализации конгрессно-выставочных мероприятий можно оценить с помощью следующих вопросов:

- Сколько участников удалось привлечь на мероприятие?

- Насколько эффективно были затрачены финансовые ресурсы на организацию мероприятия?
- Насколько активны были участники, проявляли ли интерес к тематике ивента?
- Сколько участников, посетивших мероприятие стали клиентами в ближайший месяц?
- Насколько мероприятие соответствовало ожиданиям участников?
- Как участники оценили мероприятие?
- Как участники оценили логистику, помещение, питание, тему мероприятия, раздаточный материал?
- Заметили ли участники лейблы партнеров, имели ли интерес к раздаточному материалу?

Одна из проблем, которая имеется на предприятии, и в рамках которой в работе будет проведено исследование, связана с неэффективной системой управления основной деятельностью объекта, наличием в ней слабых звеньев, которые приводят к необоснованным экономическим потерям из-за принятия неоптимальных решений. Данная проблема связана с организацией системы регистрации участников мероприятия.

На сегодняшний день у ООО ВО «РЕСТЭК» отсутствует программный продукт и оборудование для обеспечения процесса регистрации участников выставочных мероприятий и их учета.

Программная часть включает в себя онлайн-модуль предварительной регистрации всех участников, которые планируют принять участие в мероприятии и офлайн-модуль учета участников, который установлен на компьютерах, непосредственно на площадке проведения мероприятия. Офлайн-модуль также обеспечивает учет посещаемости онлайн-посетителей (предварительно зарегистрировавшихся) на мероприятие.

Из-за отсутствия в собственности данных модулей, компания вынуждена арендовать под каждое мероприятие сторонние сервисы и оборудование для обеспечения процесса регистрации участников. Вследствие этого у организации возникает ряд следующих проблем:

- необоснованные экономические потери из-за принятия неоптимальных решений; т.к. каждая дирекция самостоятельно выбирает подрядчика и вариант решения по регистрации участников для мероприятия. Для каждой выставки необходимо заново брать в аренду программу и оборудование.
- издержки из-за необходимости оплачивать работу стороннего технического специалиста, которого закрепляет подрядчик, и который разворачивает на мероприятии офлайн-модуль регистрации и следит за отсутствием сбоев в работе и корректной работы системы.

Для решения данных проблем целесообразно прибегнуть к разработке или приобретению и внедрению проектного решения для совершенствования деятельности организации с использованием современных компьютерных технологий. Наиболее приемлемые пути решения в данном случае являются:

- заключение годового контракта с одним поставщиком на аренду технического решения и оборудования на все мероприятия. Работа с одним поставщиком в рамках годового контракта для всех выставок позволяет снизить стоимость затрат на обеспечение процесса регистрации участников на каждое мероприятие по сравнению с разовым заказом под мероприятие.

- разработать собственное техническое решение и купить оборудование в собственность. В компании имеется штатный технический специалист, который мог бы в рамках должностных обязанностей обслуживать работу офлайн-регистрации и обеспечивать стабильную работу оборудования на самом мероприятии.

Данные варианты эквивалентны по достигаемым при их внедрении функциональным результатам, но могут отличаться по предполагаемым затратам на их реализацию и отличаться эксплуатационными затратами.

Однако, в результате внедрения технологии в деятельности объекта предполагается экономия денежных средств, сокращение необоснованных экономических потерь. Поскольку предприятие консервативно в своей деятельности, данную технологию будет достаточно просто пустить в действие за счет того, функциональные характеристики внедряемого программного продукта и старой технологии сопоставимы.

В конце мероприятия руководитель проекта выгружает информацию об участниках с ноутбуков на внешний носитель информации для подготовки отчетности по мероприятию. Поскольку программный продукт принадлежит сторонним подрядчикам, у которых осуществляется аренда, то информация сохраняется в базе данных подрядчиков и теряется с проведением нового мероприятия. Новая технология в свою очередь позволит автоматически сохранять всю информацию об участниках в базе ВО «РЕСТЭК», что позволит проводить эффективную и оперативную дальнейшую работу с клиентами по привлечению их на следующие и новые мероприятия, а также позволит экономить временные ресурсы при регистрации на другие события.

Данный технический продукт позволит не привлекать к участию в работе дополнительных сторонних подрядчиков, а также персонал для монтажа, демонтажа и технического обслуживания оборудования. В компании есть свой штатный технический специалист, который в рамках должностных обязанностей способен обслуживать работу офлайн регистрации и оборудования на мероприятии.

Владение в собственности программным продуктом позволит своевременно дорабатывать его функциональные характеристики по мере необходимости и в зависимости от потребностей ВО «РЕСТЭК».

На сегодняшний день на рынке выставочно-конгрессных услуг существует большое количество компаний. Одним из важных факторов успеха для которых является грамотная автоматизация бизнес-процессов на предприятии с целью эффективного осуществления его хозяйственной деятельности, уменьшения издержек, рационального расходования ресурсов и достижения стабильных экономических показателей.

Дальнейшая работа по внедрению технологического решения в деятельность ООО «ВО «РЕСТЭК» остается актуальной и требует проработки итоговых предложений по реализации проекта.

### **Список литературы**

1. Румянцев Д., Франкель Н. Event-маркетинг. Все об организации и продвижении событий. – Питер. 2017
2. Шумович А. Смешать но не взбалтывать: Рецепты организации мероприятий.– учебное пособие. Москва: Альпина Паблшер, 2011
3. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятий АПК [Текст] : учеб. / Г. В. Савицкая . – 8-е изд., испр . – М. : ИНФРА-М, 2014. – 519 с.
4. Тебекин, А. В. Менеджмент организации [Текст]: учеб.для вузов по экономическим специальностям / А. В. Тебекин, Б. С. Касаев . – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : КноРус, 2014. – 420 с.
5. Интернет-сайт ООО ВО «РЕСТЭК» [Электронный ресурс]. URL:<http://restec.ru/> (дата обращения: 16.04.2019).

6. Интернет-сайт «Росконгресс» [Электронный ресурс]. URL: <https://roscongress.org/o-fonde/> (дата обращения: 16.04.2019)

7. Интернет-сайт «ЭКСПОФОРУМ» [Электронный ресурс]. URL: <http://expoforum-center.ru/> (дата обращения: 16.04.2019)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАЦИОНАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ РЕПЕТИТОРОМ**

Е.А. Смирнова, А. А. Шулянский

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

**Аннотация.** В данной работе рассматривается применение технологии операционального определения в целях обеспечения однозначной интерпретации требований потребителя к образовательной услуге, оказываемой репетитором. А также выявление характеристик качества услуги для повышения качества ее оказания.

*Ключевые слова:* операциональное определение, характеристики качества услуги.

Целью данной работы является исследование возможности применения технологии операционального определения для выявления характеристик качества услуг, оказываемых репетитором.

Актуальность работы заключается в том, что в современном мире ситуация такова, что наличие дополнительных занятий с репетитором является вполне естественным явлением. Многие родители пользуются услугами репетиторов по ряду различных причин. Наиболее распространенными причинами являются:

1. Отставание ребенка от школьной программы
2. Необходимость в оказании помощи в подготовке к различным экзаменам.

Очевидно, что образование напрямую связано с будущей конкурентоспособностью детей. Например, в зависимости от объема полученных знаний и навыков (как от одного из факторов) зависит успешность сдачи ЕГЭ, а как результат возможность занять бюджетное место в ВУЗе. Таким образом, становится очевидно желание получить качественные образовательные услуги. В свою очередь, качество услуг зависит от выбора подходящей кандидатуры среди репетиторов, что является основополагающим фактором.

Как и в любой другой ситуации, связанной с получением продукции или услуги, потребитель в лицах родителей и ребенка начинает формулировать требования. Но зачастую данные требования сформулированы не достаточно конкретно. Впоследствии неправильная интерпретация данных требований лицами или компаниями, которые оказывают услуги репетитора может стать причиной неудовлетворенности потребителя оказанной услугой. Чтобы предотвратить возможное возникновение недопонимания между потребителем и репетитором, можно использовать технологию операционального определения. Данная технология помогает придать однозначный смысл написанным или произнесенным понятиям между людьми за счет указания их измерения и применимости в конкретных ситуациях.

Операциональное определение содержит 3 элемента, которые обеспечивают его применение. «Критерий» - стандарт, по отношению к которому происходит оценка результата теста. «Тест» - процедура, направленная на измерение свойства. «Решение» -

описание принятия решения о соответствии результата теста указанному критерию. В данной работе рассмотрен пример использования операциональных определений применимо к требованиям потребителя, которые выдвигаются к предоставлению образовательной услуги репетитором. Указанные в таблице требования были сформулированы реальными родителями и учениками, которые регулярно занимаются с репетиторами.

Стоит отметить, что данные требования оказывают разное влияние на получение учеником образовательной услуги. Очевидно, что удовлетворение требований «Занятие ведет профессионал» и «Занятия должны давать результат» в большей степени влияют на полученные знания, чем «Занятия начинаются вовремя». Это обусловлено тем, что первые из перечисленных напрямую связаны с получением образования. Такие требования как «Занятия начинаются вовремя», «Своевременное донесение информации» и «Полноценность занятия» в свою очередь оказывают косвенное влияние. Неудовлетворение данных требований может привести, например, к отмене занятия. Следовательно, в следующий раз репетитору предстоит за отведенное время проработать больше материала, при этом каждой теме будет уделено меньше времени, чем обычно. Для наглядности степени влияния удовлетворения данных требований на получение знаний были введены весовые коэффициенты.

Таблица 2

**Операциональные определения для оказания образовательной услуги репетитором**

Требование (критерий)		Измерение и/или испытание (тест)			Анализ (решение)	Весовой коэфф.
Наименование	Формулирование	Характеристика качества	Единица измерения	Процедура измерения и/или испытания характеристики	Процедура анализа и принятия решения о соответствии/ несоответствии	
«Занятие ведет профессионал»	Занятия проводит человек, прошедший курсы подтверждения квалификации не более чем 2 года назад.	Время с момента последнего подтверждения квалификации	Год	По просьбе потребителя предоставляются данные о прохождении курса подтверждения квалификации	Если выяснено, что с момента последнего подтверждения квалификации репетитором прошло менее 2 лет, а также он имеет не меньше 75% положительных отзывов, то критерий «Занятие ведет профессионал» выполнен.	0,3
	Положительные отзывы составляют не менее 75% от общего количества.	Доля положительных отзывов	%	Если репетитор нанят через объявление, размещенное на сайте, то рассматривают вкладку «Отзывы» или «Оценка». Если репетитор нанят по чьим-либо рекомендациям, то уточняется, сколько учеников у него было и их отзывы. Необходимо сопоставить кол-во положительных отзывов к их общему числу.		

Требование (критерий)		Измерение и/или испытание (тест)			Анализ (решение)	Весовой коэфф.
Наименование	Формулирование	Характеристика качества	Единица измерения	Процедура измерения и/или испытания характеристики	Процедура анализа и принятия решения о соответствии/ несоответствии	
«Занятия начинаются вовремя»	Занятия считаются начавшимися вовремя, если репетитор начинает работу не позднее чем через 5 минут после обговоренного времени не реже, чем в 80% случаев.	Время ожидания учеником репетитора	Минута	Проводится измерение ожидания каждого занятия при помощи часов. Сопоставляется кол-во занятий начатых вовремя к кол-ву всех занятий проведенных на данный момент.	Если репетитор приступает к работе не позже чем через 5 минут после обговоренного времени не реже, чем в 80% случаев, то критерий «Занятия начинаются вовремя» выполнен.	0,1
«Своевременное донесение информации»	Репетитор информирует об отмене/переносе занятия не позже чем за 4 часа до начала занятия.	Время между информированностью и началом занятия	Час	Измеряется время, прошедшее с момента оповещения репетитором об отмене/переносе занятия до начала занятия при помощи часов.	Если время, прошедшее с момента оповещения репетитором об отмене/переносе занятия до момента начала занятия не превышает 4 часов, то критерий «Своевременное донесение информации» выполнен.	0,1
«Занятия должны давать результат»	Средний балл по соответствующему предмету повышается не менее чем на 0,2 по сравнению с прошлой четвертью.	Средний балл ученика по предмету за текущую четверть	Балл	Измеряется средний балл по предмету за предыдущую и текущую четверть. Вычисляется их разность.	Если средний балл ученика за текущую четверть увеличился не менее чем на 0,2 по сравнению с предыдущей четвертью, а также средний балл оценивания критериев «информативность занятий», «доходчивость объяснения», «полезность информации» не ниже 4.0, то критерий «Занятия должны давать результат» выполнен.	0,3
	Средний балл при оценке критериев «информативность занятий», «доходчивость объяснения», «полезность» не ниже 4.0.	Средний балл по критериям «информативность занятий», «доходчивость объяснения», «полезность»	Балл	Раз в месяц проводится анкетирование ученика, в котором по 5-балльной шкале оценивают «информативность занятий», «доходчивость объяснения», «полезность информации». Вычислить средний балл.		
«Полноценность занятия»	Занятие длится не меньше обговоренного времени. Может быть разным для разных учеников. Несет постоянный характер.	Время длительности занятия	Минута / час	Измеряется время проведения занятия при помощи часов.	Если длительность занятия занимает не меньше обговоренного времени, то критерий «Полноценность занятия» выполнен.	0,2

ННБ VII, Санкт-Петербург, 16 – 18 мая 2019

В рамках данной работы исследуется возможность применения технологии операционального определения для выявления характеристик качества услуг, оказываемых репетитором. Для данной услуги выявлены такие характеристика качества как:

- Время с момента последнего подтверждения квалификации;
- Доля положительных отзывов о работе репетитора;
- Время ожидания учеником репетитора;
- Средний балл ученика по предмету за текущую четверть;
- Средний балл по критериям «информативность занятий», «доходчивость объяснения», «полезность»;
- Время длительности занятия.

Данная информация может указать репетиторам, на что обращают в большей степени внимание их потребители. А также, какие именно характеристики следует улучшить, чтобы обеспечить качество оказания услуги.

### **Список литературы**

1. Операциональные определения. URL: <http://www.deming.ru> (дата обращения: 18.04.2019)

ННБ VII, Санкт-Петербург, 16 – 18 мая 2019

Сборник материалов  
VII Научно-практической конференции с международным участием  
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»  
для студентов, аспирантов и молодых ученых  
состоявшейся 16-18 мая 2019г.  
в г.Санкт-Петербурге  
Том II