

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

## **ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ НА ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ – 2015**

**VIEW OF THE YOUNG GENERATION  
ON REGIONAL ECONOMY PROBLEMS – 2015**

Материалы Всероссийского открытого конкурса  
студентов вузов и молодых исследователей

(г. Тамбов, октябрь 2015 г.)



---

---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2015

УДК 332.1  
ББК У046я43  
В52

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. Владимир Алексеевич Немтинов (общая редакция);  
канд. техн. наук, проф. Владимир Григорьевич Мокрозуб;  
д-р техн. наук, проф. Сергей Викторович Карпушкин;  
канд. экон. наук Юлия Владимировна Немтинова;  
канд. техн. наук, доц. Андрей Борисович Борисенко;  
канд. техн. наук Сергей Владимирович Карпов

**В52      Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2015 :**  
материалы Всероссийского открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 352 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1474-0.

Опубликованы материалы конкурсных работ Всероссийского открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей, который посвящен стимулированию притока молодежи в сферу науки, образования и высоких технологий. Целью конкурса является популяризация использования современных технологий для решения научных и прикладных задач в различных областях региональной экономики, восстановление преемственности профессиональных кадров и подготовки конкурентоспособного кадрового резерва для заинтересованных ведущих предприятий.

В настоящее время большое внимание уделяется выявлению и закреплению в науке талантливой молодежи, обеспечению подготовки кадров высшей квалификации, в том числе в рамках научных и научно-образовательных структур вузов и научных организаций. Еще одна популярная сфера стимулирования притока молодежи в сферу науки – внедрение эффективной системы воспроизводства конкурентоспособных на внутрироссийском и мировом уровне кадров научной и научно-образовательной сферы.

Материалы конкурса могут быть полезны преподавателям вузов и средних учебных заведений, научным работникам, руководителям и специалистам предприятий, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 332.1  
ББК У046я43

*Материалы предоставлены в электронном варианте и сохраняют авторскую редакцию.*

**ISBN 978-5-8265-1474-0**

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АРХИТЕКТУРА</b> .....	7
<i>Неменко А. Н.</i> Модернизация жилого дома серии «90» .....	8
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО</b> .....	17
<i>Яровая Т. С.</i> Методы оценки шума от технологического оборудования в гражданских зданиях .....	18
<i>Лунина Т. Н.</i> Проблемы оценки качества среды территории жилой застройки г. Тамбова разных периодов возведения .....	24
<i>Игнатова В. С.</i> Пути повышения энергоэффективности жилых зданий типовой серии 1-447с в рамках проведения капитального ремонта для условий г. Тамбова .....	29
<b>ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА</b> .....	35
<i>Терехов С. М., Корнилов К. С.</i> Информационно-техническая система работы оператора сетей теплоснабжения .....	36
<b>ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ</b> .....	41
<i>Васюкова Е. О.</i> Использование RFID-аутентификаторов в программно-аппаратном комплексе велопарковок и велопроката .....	42
<i>Алтухова Л. А.</i> Показатели защищенности информации от утечки по каналу электромагнитных излучений и наводок .....	50
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	57
<i>Куликов Р. А., Стрыгина Е. В.</i> Проектирование АРМ врача ультразвуковой диагностики .....	58
<i>Карасев П. И.</i> Программный комплекс поддержки принятия решения врача-маммолога .....	63
<i>Манаенков И. М.</i> Практика применения виртуальных лабораторий в образовательном процессе .....	68
<b>ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА</b> .....	73
<i>Малякко О. И.</i> Механические расчеты элементов технологического оборудования .....	74
<b>КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ</b> .....	79
<i>Агафонова Н. И., Савинова К. С.</i> Применение метода воздействия синусоидальными токами на примере аппарата физиотерапии «Амплипульс» .....	80
<i>Савинова К. С., Агафонова Н. И.</i> Энергетические и световые характеристики излучения фотометра фотоэлектрического .....	83

<b>БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	89
<i>Абуладзе О. К., Сергеева Ю. Б., Глинкин Е. И.</i> Методы неинвазивного измерения концентрации глюкозы в крови .....	90
<i>Сюксина Т. С.</i> Перспективы развития аппаратов для электротерапии .....	93
<i>Сергеева Ю. Б., Абуладзе О. К., Глинкин Е. И.</i> Разработка способа неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови .....	98
<i>Рухлова Е. А., Глинкин Е. И.</i> Способ определения составляющих импеданса биообъекта .....	102
<i>Каширова А. В., Ветров А. Н.</i> Повышение информативности рентгенограмм .....	105
<i>Бабашкина А. П.</i> Наложение изображений методом кригинга .....	109
<i>Суслова Ю. В., Швырева К. Е., Закуражний А. А., Ветров А. Н.</i> Разработка метода совмещения разнодиапазонных разноформатных изображений медицинской диагностики .....	114
<i>Лавринов А. В., Недосекин В. В.</i> Перспективы воздействия малых токов на человека .....	122
<i>Швырева К. Е., Суслова Ю. В., Глинкин Е. И.</i> Разработка метода функциональной диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы .....	128
<i>Проткина О. В., Фролова Т. А.</i> Разработка медицинского диагностического устройства на основе оценки биоэлектрической активности точек акупунктуры .....	134
<i>Петров Д. А., Проскурин С. Г.</i> Определение Допплеровского угла и скорости потока в оптической когерентной томографии .....	137
<b>ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА</b> .....	143
<i>Ярмизина А. Ю., Майникова Н. Ф.</i> Метод и измерительная система неразрушающего контроля качества полимерно-металлических изделий .....	144
<i>Попов В. Д.</i> Моделирование теплопереноса в многомодельном методе контроля структурных переходов в полимерах .....	150
<i>Лазарев Д. С., Ковалев С. В.</i> Обратноосмотическое разделение слабоминерализованных растворов на тепловых электроцентралях .....	155
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ</b> .....	161
<i>Половнева Н. В.</i> Расчет времени электроэрозионной обработки пазов на примере СВЭИ-7 .....	162
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ</b> .....	167
<i>Мокрозуб А. В.</i> Интеллектуальная система механических расчетов технологического оборудования .....	168

<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b> .....	173
<i>Захаров А. Ю.</i> Создание стендов для проверки изолирующих дыхательных аппаратов .....	174
<i>Ерохина И. Н.</i> База 3D-моделей типовых элементов техноло- гического оборудования .....	195
<b>КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b> .....	199
<i>Наумов Э. О.</i> Исследование инструментальных материалов с при- менением программ твердотельного моделирования .....	200
<i>Харин Д. А.</i> Проектирование и расчет технологической оснастки для детали «корпус» .....	206
<i>Солдатов А. В.</i> Статический анализ детали «вал» с применением программы твердотельного моделирования Solidworks .....	211
<b>ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ</b> .....	216
<i>Котенев С. И., Абоносимов О. А.</i> Обратноосмотическое разделе- ние растворов, содержащих ионы тяжелых металлов .....	217
<b>БИОТЕХНОЛОГИЯ</b> .....	222
<i>Попова Е. Д.</i> Анализ возможности использования дрожжей Lalvin 71В-1122 и Maurivin В для производства вин из сырья Тамбовской области .....	223
<i>Михалев Н. С.</i> Разработка технологии получения лецитина из микро- водорослей Chlorella .....	227
<i>Андросова А. А., Санталов Р. Д.</i> Влияние методов дезинтеграции клеток на экстракцию хлоровилла из микроводорослей Chlorella vulgaris .....	232
<b>ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ</b> .....	237
<i>Богданова К. С., Смолихина П. М.</i> Разработка линейки кондитер- ских изделий для здорового питания .....	238
<b>ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b> .....	245
<i>Сухорукова Т. А., Огородникова А. Г., Борщев В. Я.</i> Решение про- блемы обезвреживания и вторичного использования сточных вод в производстве пигментов на ОАО «Пигмент» .....	246
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ</b> ...	259
<i>Евдокимов С. В., Лазарев С. И.</i> Состояние воды в полупроницаемых и динамических мембранах .....	260
<i>Фирсова А. В.</i> Разработка бесконтактного неразрушающего устройства контроля поверхностного давления мономолекулярных пленок .....	265

<b>УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ</b> .....	269
<i>Епифанцева А. С.</i> Управление качеством в учреждениях высшего профессионального образования .....	270
<b>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ</b> .....	275
<i>Оневский М. П., Иконников П. Е., Василевский К. С.</i> Автоматизированная испытательная установка «искусственные легкие» .....	276
<i>Барвалина Е. Ю., Иконников П. Е., Голощанов С. Н.</i> Исследование процесса имитации дыхания человека .....	280
<i>Оневский М. П., Барвалина Е. Ю., Василевский К. С.</i> Моделирование процесса имитации внешнего дыхания человека .....	289
<b>НАНОИНЖЕНЕРИЯ</b> .....	295
<i>Медведева О. А., Гришин А. В., Майникова Н. Ф.</i> Определение температурных зависимостей теплопроводности композитов на основе полипропилена и углеродных нановолокон .....	296
<i>Гришин А. В., Медведева О. А., Майникова Н. Ф.</i> Теплопроводность композита на основе полипропилена и углеродных нанотрубок .....	300
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> .....	305
<i>Татарникова Я. Н.</i> Биоразлагаемая упаковка – альтернатива традиционным упаковочным материалам .....	306
<b>РУССКАЯ ФИЛОЛОГИЯ</b> .....	312
<i>Альшинайшин Х. Д., Аль-Судани З., Альтавиль Б. М.</i> Особенности обучения арабских студентов на технических специальностях .....	313
<b>ЭКОНОМИКА</b> .....	321
<i>Епифанцева А. С.</i> Идентификация рисков импортозамещения на мезоуровне .....	322
<i>Чумакова О. В.</i> Глобальные преимущества Крыма: включение в экономическое пространство России .....	326
<i>Шутова О. Ф.</i> Становление и проблемы развития рынка консалтинговых услуг в г. Тамбове .....	331
<b>МЕНЕДЖМЕНТ</b> .....	338
<i>Немтинова К. И.</i> Элементы стратегии развития телекоммуникационной компании .....	339
<b>БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА</b> .....	345
<i>Румянцева Н. С., Борисенко А. Б.</i> Автоматизированная система моделирования бизнес-процессов .....	346

# **АРХИТЕКТУРА**

УДК 69.032.21

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЖИЛОГО ДОМА СЕРИИ «90»

**А. Н. Неменко**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)63-07-06, e-mail. kafedra@mail.gaps.tstu.ru)*

*Аннотация:* В рамках данной работы проведен анализ многоэтажного панельного жилья. Зарубежные архитекторы пришли к выводу, что целесообразней не сносить старое жилье, а реконструировать его. Большое внимание было уделено исследованию имеющегося (зарубежного и отечественного) опыта, проведена его сравнительная характеристика. Путем исследования современных аналогов были найдены пути решения проблемы комфортабельности жилья. Так в данном проекте оставляем и укрепляем существующие несущие конструкции, внешние панели демонтируются и заменяются на сэндвич-панели, пристраиваем новые объемы, появляются зеленые эксплуатируемые кровли. У жилого фонда серии «90» появляется вторая жизнь.

*Abstract:* As part of the thesis analyzes the multi-storey panel housing. Foreign architects came to the conclusion that it is advisable not to take down the old housing, and reconstruct it. Much attention has been paid to the study of the existing (foreign and domestic) experience, held its comparative characteristics. By the study of modern analogs, were found ways to solve the problem of housing comfort. So in this project reserve and strengthen the existing load-bearing structures, the exterior panels are dismantled and replaced by a sandwich panel, attach the new volumes appear green exploited roof. In housing series «90», there is a second life.

*Ключевые слова:* модернизация, найдены и решены проблемы ветхого жилья, не снос, а реконструкция, зеленые эксплуатируемые кровли, расширение жилплощади, благоустройство маломобильного населения, экологичность материалов, утилизация и вторичное использование элементов, ликвидация коммунального заселения, новый фасад.

*Keywords:* modernization, found and solved the problem of dilapidated housing, without the demolition and reconstruction, operated by green roofs, increased living space, landscaping limited mobility of the population, environmental materials, recycling and re-use of components, the elimination of communal settlement, a new facade.



Жилищный фонд городов и поселков городского типа России составляет 2,909 млрд. м<sup>2</sup> общей площади с населением более 70% общего числа.

По периодам возведения жилой фонд распределяется следующим образом (%): дореволюционные постройки – 6; здания периода строительства 1917 – 1960 гг. – 24; постройки периода 1961 г. по настоящее время – 70.

Наибольшую значимость представляют жилые дома первых массовых серий, общая площадь которых составляет около 250 млн. м<sup>2</sup>.

Высокий уровень морального и физического износа требует принятия незамедлительных мер по реконструкции этого фонда. Срок эксплуатации таких зданий составляет 25 – 40 лет.

Анализ конструктивно-технологических решений и их физического состояния позволяет выделить ряд серий, реконструкция которых экономически нецелесообразна (К-7, ОД, П-32, 1-ЛГ-507). Их объем составляет менее 5%. Эти серии являются первыми шагами индустриального домостроения и обладают рядом конструктивно-технологических недостатков.

Наиболее массовыми являются крупнопанельные дома серии 1-464 (около 78 млн. м<sup>2</sup>), 1-335 (более 28 млн. м<sup>2</sup>), здания с кирпичными стенами серии 1-447 (более 60 млн. м<sup>2</sup>) и др. Степень физического износа таких зданий позволяет выполнить объемы реконструктивных работ с минимальными затратами на восстановление несущей способности, ликвидировать моральный износ путем увеличения площадей за счет пристройки объемов, надстройки 1–2 этажами.

Ежегодно увеличивается ветхий и аварийный жилой фонд с износом, превышающим 50%. На 1995 г. он составлял более 37 млн. м<sup>2</sup>, в 2001 г. – около 50 млн. м<sup>2</sup>, в 2007 – более 80 млн. м<sup>2</sup>.

Около 2% населения России проживают в жилых зданиях, подлежащих незамедлительному принятию решений по их восстановлению или сносу.

Распределение такого фонда по округам составляет: Северо-Западный – 1,8%, Центральный – 1,2%, Приволжский – 1,7%, Южный – 1,3%, Уральский – 2,1%, Сибирский – 2,7%, Дальневосточный – 3,8%.

Зарубежный опыт показывает, что вопросам реконструкции зданий отводится первостепенное значение. Из общего объема финансирования доля на новое строительство составляет 20...30%, тогда как оставшаяся часть идет на планомерную реконструкцию. При этом

имеется в виду не только повышение капитальности зданий и восстановление их надежности, но и снижение фактора морального износа. По данным ЮНЕСКО, моральное устаревание жилых зданий происходит каждые 8 лет. Это обстоятельство диктует необходимость проведения реконструктивных работ именно с позиций морального износа и снижения уровня комфортности проживания.

Доля затрат на реконструктивные работы достаточно высока. Эти данные подтверждаются многолетним опытом Скандинавских стран (Швеция – 40%, Финляндия – 51%), Центральной Европы (Франция – до 60%, Германия – 30...40%, Великобритания – до 60%). Центр тяжести затрат, как правило, переносится на жилищные объекты как наиболее массовые и в меньшей степени на здания общественного и административного назначения.

Неудовлетворительное состояние жилого фонда требует активно-го использования моделей с приоритетом на модернизацию и реконструкцию. На рисунке 1 представлено прогнозируемое развитие нового строительства и реконструкции существующего жилого фонда в денежном выражении для стран Восточной и Западной Европы.

Реконструкция жилого фонда заключается не только в его сохранении, но и в решении важных социальных и градостроительных задач.

Социальные аспекты данной проблемы наиболее остры и состоят в улучшении условий проживания населения и каждой семьи в отдельности, ликвидации коммунального заселения, снижении морального износа зданий, эксплуатационных расходов, формировании инфраструктуры, адаптированной к современным условиям.

В условиях реформы жилищно-коммунального хозяйства актуальность проведения комплексной реконструкции жилого фонда исключительно высока, так как способствует многократному снижению эксплуатационных расходов на тепло, электроэнергию, воду, техническое обслуживание и др.

Опыт реконструкции пилотных объектов показал реальную возможность обновления жилья без значительных материальных и финансовых затрат. При этом достигнута экономия тепла на 30...35%, воды до 2-3 раз.

Комплексное решение проблемы реконструкции микрорайонов и кварталов застройки позволяет учесть современные требования по формированию социальной сферы, необходимой для нормальной жизни

недеятельности граждан (зоны отдыха и творческой работы, игровые площадки, стоянки, гаражи и т.п.).

Особое место при реконструкции должно отводиться выполнению экологических требований, предъявляемых к строительным материалам и методам выполнения работ. Технология реконструктивных работ должна предусматривать утилизацию и вторичное использование элементов разборки, методы ведения работ, исключая пыление, разбор материалов, повышенный шум и вибрацию.

Так же планируется создание террас и эксплуатируемых зеленых кровель, что увеличит объем квартир и придаст эстетичность и экологичность облику здания. Первый этаж отдается под общественные здания, кровля которых тоже будет зеленой и эксплуатируемой.

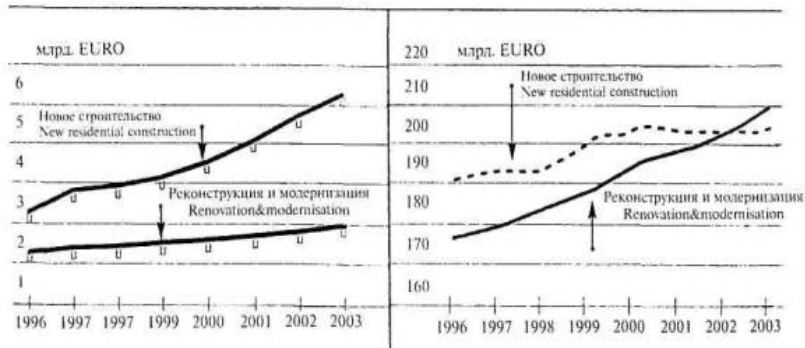
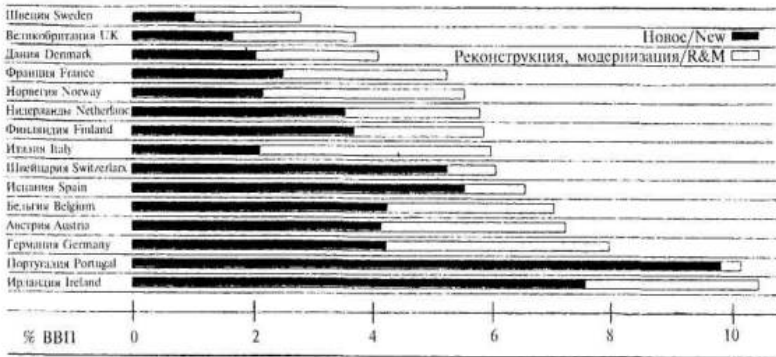


Рис. 1. Распределение затрат на реконструкцию и новое строительство в странах Восточной и Западной Европы



**Рис. 2. Примеры зарубежного опыта**

Своей дипломной работой я стремилась привлечь внимание к сохранению, а не разрушению панельного жилья и использованию его несущей конструкции вторично, что представляется актуальным.

В данном проекте были найдены и решены проблемы панельного жилья серии «90». Был изучен отечественный и зарубежный опыт строительства и реконструкции. Проанализировав, были выявлены наиболее эффективные пути решения. Целесообразней не снос, а реконструкция.

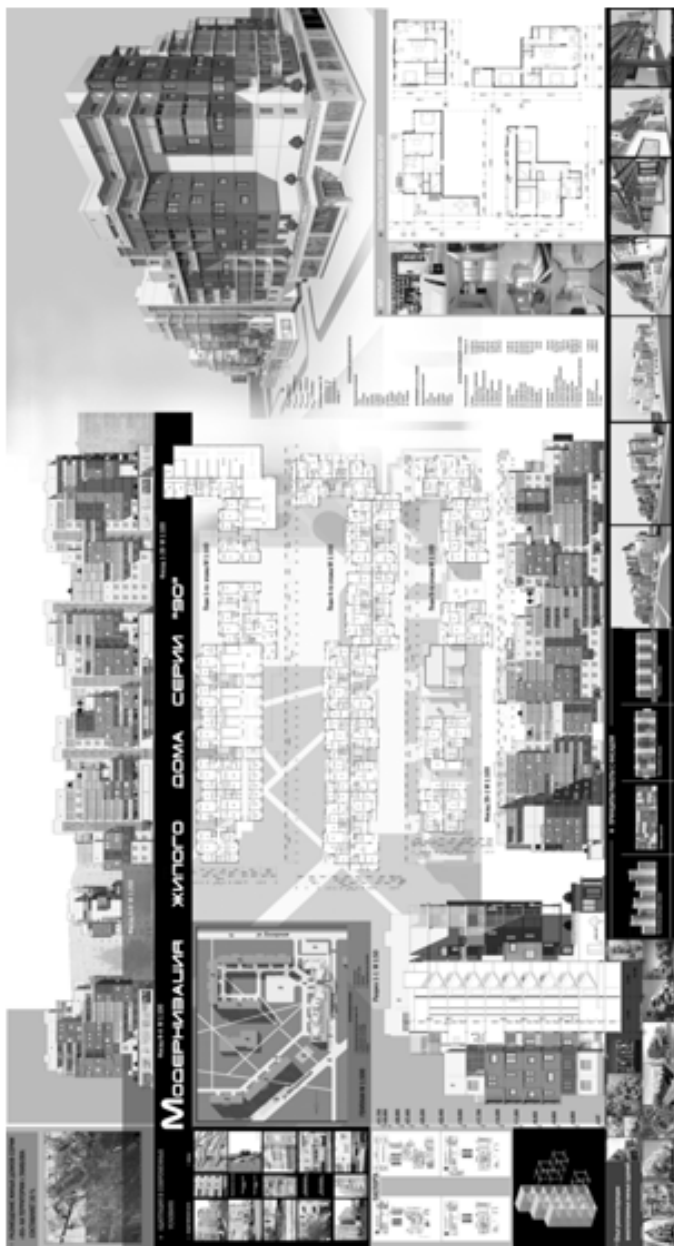


Рис. 3. Подрамник дипломной работы «Модернизация жилого дома серии «90» на примере застройки в г. Тамбов на пересечении ул. Мичуринская и ул. Рабочая

Основная идея заключается в сохранении и укреплении старого несущего каркаса здания, замены внешних старых панелей на новые, отвечающие всем современным требованиям энергоэффективности и теплопроводности.

Пристраиваемые новые объемы значительно изменили и улучшили внешний вид фасада. Этим же приемом увеличивается жилая площадь, что придает квартире гибкую планировку, а фасаду динамики.

Современный прием «зеленая кровля» активно используется в реконструкции данного дома. Она появляется на новых объемах, а так же на образующихся террасах, путем частичной разборки этажей.

В жилом доме заменяются все инженерные коммуникации и устраивается система центрального кондиционирования.

Территория жилой и общественной зоны оборудуется всем необходимым благоустройством для маломобильного населения, что говорит о современном индустриально развитом подходе к проектированию.

В своей дипломной работе я доказала и нашла пути решения проблемы сноса панельного жилья. Его сохранение не только возможно, но так же приемлема модернизация и воссоздание нового жизненного облика.

### **Библиографический список**

1. Алабян, К. С. Справочник архитектора. Градостроительство / К. С. Алабян. – М. : Академия архитектуры СССР, 1946.
2. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах / А. В. Бояршинов, В. М. Дмитриев, В. Ф. Егоров, В. Н. Макарова, Е. А. Сергеева, Л. А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009.
3. Дыховичный, Ю. А. Архитектурные конструкции. Книга 2. Архитектурные конструкции многоэтажных жилых зданий / Ю. А. Дыховичный. – М. : Архитектура-С, 2006.
4. Кочерженко, В. В. Технология реконструкции зданий и сооружений : учебное пособие для студентов ПГС и ГСнХ / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007.
5. Кох, В. Энциклопедия архитектурных стилей / В. Кох. – М. : БММ АО, 2005.

6. Кэлоуэй, С. Элементы стиля. Энциклопедия архитектурных деталей / С. Кэлоуэй. – М. : ООО «Магма» 2006.
7. Леденева, Г. Л. Гражданская архитектура российской провинции конца XIX – начала XX столетия (на примере застройки Тамбова) / Г. Л. Леденева. – Тамбов : ТГТУ, 2003.
8. Пилявский, В. И. История русской архитектуры / В. И. Пилявский, А. А. Тиц, Ю. С. Ушаков. – М. : «Стройиздат» 1984;
9. Райли, Н. Элементы дизайна / Н. Райли. – М. : ООО «Магма», 2004.
10. Ратия, Ш. Е. Практика реставрационных работ. Сборник второй. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам / Ш. Е. Ратия, П. Н. Максимова. – М., 1958;
11. РНИП 1.02.01–94. Реставрационные нормы и правила.
12. Теория и практика реставрационных работ : сб. ст. Издательство литературы по строительству, 1972. – № 3.
13. Харди Уильям. Путеводитель по стилю ар нуво / Харди Уильям – М. : Изд-во «Радуга». 1999.
14. Шарапова, И. В. Техничко-экономическая оценка проектных решений : методические указания / И. В. Шарапова. – Тамбов : ТГТУ, 1999.
15. Шарапова, И. В. Экономика архитектурного проектирования и строительства : методические указания / И. В. Шарапова. – Тамбов : ТГТУ, 1999.
16. Щепетков, Н. И. Световой дизайн города / Н. И. Щепетков. – М. : Архитектура-С, 2006.
17. Маклакова С. М. Конструкции гражданских зданий.

## References

1. Halabyan, K. S. Directory Architect. City. M. : USSR Academy of Architecture, 1946.
2. Boyarshinov A. V., Dmitriev V. M., Egorov V. F., Makarov V. N., Sergeeva E. A., Kharkevich L. A. Safety in Graduation Projects. – Tambov : Izd in Tamb. Gos. Tehn. University Press, 2009.
3. Dykhovichny Y. A. Architectural Design. Book 2. Architectural Design of High-rise Residential Buildings. – M. : Architecture-S, 2006.
4. Kocherzhenko, V. V., Lebedev V. M. Technology Reconstruction of Buildings and Structures. Textbook for Students and CBC GSiH. – M. : Publishing Association building universities, 2007.

5. Koch B. Encyclopedia of Architectural Styles. – M. : PMM SA, 2005.
6. Kelouey C. Elements of Style. Encyclopedia of Architectural Details. – M. : ООО «Magma» in 2006.
7. Ledeneva G. L. Civil Architecture of the Russian Province of the Late XIX – Early XX Century (for Example, Building of Tambov). – Tambov : TSTU, 2003.
8. Pilyavskii V. I., Tits A. A., Ushakov Y. S. The history of Russian architecture. – M. : Stroyizdat, 1984.
9. Elements of Design N. Riley, M. : ООО «Magma», 2004.
10. Ratia Sh. E., Maksimov P. N. Restoration Practice. Collection of a Second. State Publishing House of Literature on Construction, Architecture and Building Materialy. – Moscow, 1958.
11. RNiP 1.02.01–94. Restoration Rules and Regulations.
12. Collection of Papers «Theory and Practice of Restoration». Collection № 3. Publishing House Building, 1972.
13. William Hardy. Guide to the Art Nouveau. – M. : Publishing House. «Rainbow». 1999.
14. Sharapova J. V. Technical and Economic Evaluation of the Project Resheniy. Methodical Ukazaniya. – Tambov : TSTU, 1999.
15. Sharapova J. V. Economics Architectural Design and Stroitelstva. Methodological Ukazaniya. – Tambov : TSTU, 1999.
16. Schepetkov N. I. Light Design of the City. – M. : Architecture-S, 2006.
17. Maklakova S. M. Construction of Civil Buildings.



# **СТРОИТЕЛЬСТВО**

УДК 534.2

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ШУМА ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ

Т. С. Яровая

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. +7 (4752) 63-09-20, e-mail: gsiad@mail.tambov.ru)*

*Аннотация:* Рассматриваются особенности распространения звуковой энергии в технических помещениях и пространствах подвесных потолков при расположении в них излучающих шум воздуховодов. Предлагается инженерный метод расчета шума, распространяющегося в технических помещениях и пространствах подвесных потолков от крупногабаритных воздуховодов. Метод позволяет оценить степень зашумления ниже и выше лежащих помещений и выбрать эффективные строительно-акустические меры снижения этого шума в смежных помещениях.

*Abstract:* The features of propagation of the sound energy in the technical rooms and spaces of suspended ceilings at the location in which the radiating duct noise. It proposed engineering method for calculating the noise propagating in the technical rooms and spaces of suspended ceilings from large ductwork. The method allows assessing the degree of noise pollution above and below the underlying premises and choosing effective construction and acoustic measures to reduce the noise in the adjacent rooms.

*Ключевые слова:* пространство подвесного потолка, технические помещения, воздуховод, воздушный шум, метод расчета шума.

*Keywords:* space ceiling, technical rooms, air duct, air noise, the method of calculation of noise.

В современных гражданских зданиях жилого и общественного назначения имеется большое количество различного технологического оборудования. Это оборудование, например системы ОВК, размещается в специально предназначенных технических помещениях или в пространствах подвесных потолков зданий.

Большая часть оборудования при работе излучает в окружающее пространство звуковую энергию, создавая вокруг себя высокие уровни шума. Этот шум проникает в выше- и нижележащие помещения и создает в них неудовлетворительный шумовой режим.

*Актуальность* работы заключается в том, что описанный процесс мешает нормальной жизнедеятельности человека.

В настоящее время отсутствуют методы расчета, которые позволили бы объективно оценивать и определять величину проникновения шума в связанные помещения, что объясняет *новизну* работы.

Технические помещения и подвесные потолки по геометрическим параметрам представляют собой несоразмерные помещения, преимущественно плоские [1], в которых распространение прямой и отраженной звуковой энергии имеет особенности.

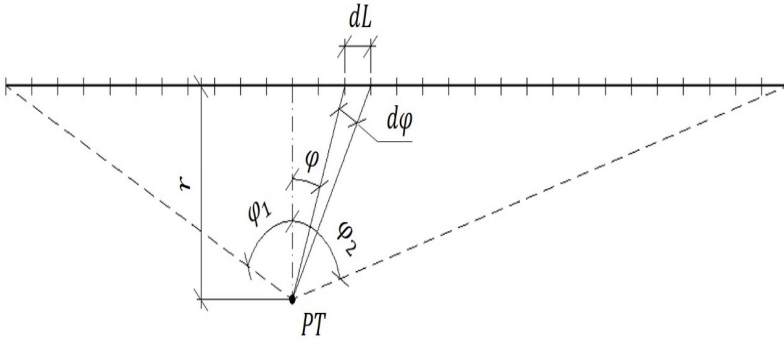
При расчетах уровней звукового давления в помещениях, расположенных рядом с шумными помещениями, приходится решать две задачи, т.е. производить расчет плотности звуковой энергии от стенки воздуховода как от источника прямого звука и расчет плотности отраженной звуковой энергии, возникающей в помещении при отражении прямого звука от ограждений помещения.

Выполненные сотрудниками ТГТУ экспериментальные исследования, а также исследования других ученых, показывают, что шумовые поля в плоских помещениях, как правило, являются двухмерными, в которых звуковая энергия изменяется в плоскости, но при этом остается равномерной по сечению [2]. Для таких полей характерно квазидиффузное распространение отраженной звуковой энергии, при котором сохраняется признак диффузности поля по изотропности угловой направленности энергии, но не обеспечивается условие однородности шумового поля в плоскости [3].

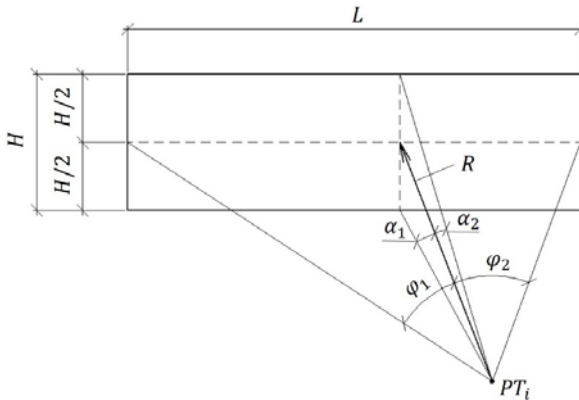
В этой связи разработан метод расчета отраженных звуковых полей, который отражает квазидиффузность поля и его однородность по вертикальному сечению.

Распространение прямого звука в технических помещениях и пространствах подвесных потолков зависит от вида источника и характера излучения звуковой энергии. Источники шума, которыми являются инженерное оборудование и стенки крупногабаритных воздуховодов, представляют собой линейные (трубопроводы) или плоские источники (стенки воздуховода).

Для оценки прямого звука используются методы, учитывающие размеры стенок воздуховодов и трубопроводов [4]. Схемы к расчету прямой звуковой энергии от стенки воздуховода как линейного или плоского источника изображены, соответственно, на рис. 1 и 2.



**Рис. 1. Схема к расчету прямой звуковой энергии от стенки воздуховода, как линейного источника шума**



**Рис. 2. Схема к расчету прямой звуковой энергии от стенки воздуховода, как плоского источника шума:**

$R$  – кратчайшее расстояние от  $i$ -й расчетной точки до средней линии по высоте стенки воздуховода

В результате работы были получены формулы для расчета уровней звукового давления:

– при линейном источнике

$$L_i = 10 \lg \left[ p'_{cp} \left( \frac{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1}{\pi r_i c} + \frac{L_b (1 - \alpha_{cp})}{\varphi \eta F} e^{-\varphi x} \right) c / I_0 \right], \quad (1)$$

где  $p'_{cp}$  – средняя линейная мощность излучения боковой стенки воздуховода;  $L_b$  – длина воздуховода в пределах пространства потолка;  $F$  – площадь поперечного сечения пространства, параллельного воздуховоду;  $c$  – скорость звука;  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> – пороговая интенсивность

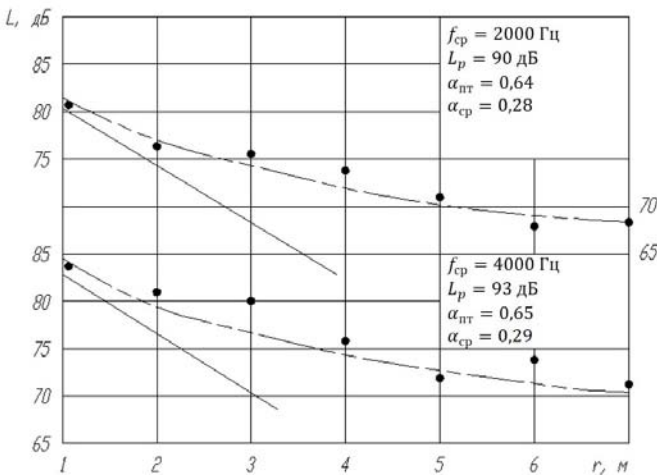
звука;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi$  – углы, указанные на рис. 1;  $r_i$  – кратчайшее расстояние от  $i$ -й расчетной точки до плоскости источника;  $\alpha_{cp}$  – средний коэффициент звукопоглощения;  $\eta$  – коэффициент переноса отраженной звуковой энергии в условиях квазидиффузного поля;  $x$  – координата по оси помещения с началом у стенки воздуховода.

– при плоском источнике

$$L_i = 10 \lg \left[ p'' \left( \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)}{\pi c} + \frac{LH(1 - \alpha_{cp}) \operatorname{ch} \varphi(x-l)}{\varphi \eta F \cdot \operatorname{sh} \varphi l} \right) \right], \quad (2)$$

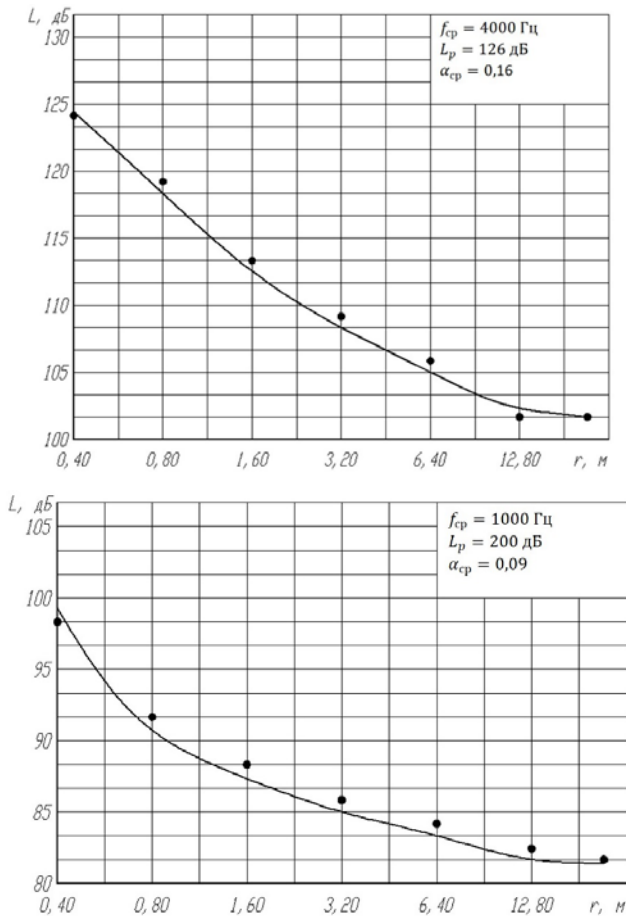
где  $p''$  – единичная мощность излучения звуковой энергии поверхностью стенки, Вт/м<sup>2</sup>;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы, указанные на рис. 2;  $L$  и  $H$  – размеры стенки воздуховода;  $\operatorname{sh} \varphi x = (e^{\varphi x} - e^{-\varphi x})/2$ ,  $\operatorname{ch} \varphi x = (e^{\varphi x} + e^{-\varphi x})/2$  – гиперболические синус и косинус.

Экспериментальная проверка формул показала достаточную точность (см. рис. 3 и 4). Расхождения результатов расчетов и эксперимента не превышает  $\pm 3$  дБ в удаленных от воздуховода точках пространств подвешенного потолка и технических помещений.



**Рис. 3. Расчетные и экспериментальные уровни звукового давления в пространстве подвешенного потолка размерами 11,8×9,4×1,8 м при наличии в нем излучающего шум воздуховода:**

$\alpha_{пт}$ ,  $\alpha_{cp}$  – коэффициент звукопоглощения потолка и средний коэффициент звукопоглощающих поверхностей;  $L_p$  – общая звуковая мощность воздуховода, дБ;  $f_{ср}$  – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц; (сплошная линия – прямой звук; пунктир – расчетные данные; точки – экспериментальные данные)



**Рис. 4. Расчетные и экспериментальные уровни звукового давления в техническом помещении размерами 23×21×3,5 м при наличии излучающего шум воздуховода:**

$L_p$  – общая звуковая мощность стенки воздуховода, дБ;

$\alpha_{cp}$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения;

$f_{cp}$  – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

(точки – экспериментальные данные, сплошная линия – расчетные данные)

Благодаря некоторым приближениям, принятым в данной работе, были получены формулы, которые имеют большое практическое значение при оценке степени зашумления помещений гражданских зда-

ний от шумного технологического оборудования, и, в частности, от систем ОВК.

Расчетные формулы переданы в лабораторию НИИСФа «Защита от шума вентиляционного и инженерно-технологического оборудования» и используются при решении конкретных задач борьбы с шумом.

### Библиографический список

1. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г. Л. Осипов, Е. Ю. Юдин, Г. Хюбнер и др. ; под ред. Г. Л. Осипова, Е. Ю. Юдина. – М. : Стройиздат, 1987. – 558 с.

2. Леденев, В. И. Статистические энергетические методы расчета шумовых полей при проектировании производственных зданий / В. И. Леденев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 156 с.

3. Антонов, А. И. Расчеты уровней прямого звука от линейных источников шума, располагающихся на промышленных предприятиях и городской / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Е. О. Соломатин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2013. – № 31-1(50). – С. 329 – 335.

4. Методы расчета уровней прямого звука, излучаемого плоскими источниками шума в городской застройке / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Е. О. Соломатин, В. П. Гусев // Жилищное строительство. – 2013. – № 6. – С. 13 – 15.

### References

1. Osipov G. L. Snizhenie shuma v zdaniyakh i zhilykh rayonakh / G.L. Osipov, E.Yu. Yudin, G. Khyubner i dr.; Pod red. G.L. Osipova, E.Yu. Yudina. M.: Stroyizdat, 1987. 558 s.

2. Ledenev V. I. Statisticheskie energeticheskie metody rascheta shumovykh poley pri proektirovanii proizvodstvennykh zdaniy. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2000. 156 s.

3. Antonov A. I., Ledenev V. I., Solomatin E. O. Raschety urovney pryamogo zvuka ot lineynykh istochnikov shuma, raspolagayushchikhsya na promyshlennykh predpriyatiyakh i gorodskoy // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2013. № 31-1 (50). S. 329 – 335.

4. Antonov A. I. Metody rascheta urovney pryamogo zvuka, izluchaemogo ploskimi istochnikami shuma v gorodskoy zastroyke / A.I. Antonov, V.I. Ledenev, E.O. Solomatin, V.P. Gusev // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2013. № 6. S. 13 – 15.

УДК 70(470.326)

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ  
ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ г. ТАМБОВА  
РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ**

**Т. Н. Лунина**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89537015229, e-mail: tanya\_horseva@mail.ru)*

*Аннотация:* В работе представлены результаты анализа градостроительных и санитарных норм разных периодов, проведен анализ полученных инвентаризационных изысканий на территории жилых кварталов г. Тамбова, выявлены существующие недостатки жилой застройки. Актуальность проведенных исследований заключается в детальном рассмотрении проблем и предложений по благоустройству жилой застройки с учетом всех условий, которые диктует современный город. Только одинаково устойчивое положение на чашах весов уровня комфортной достаточности для населения и соблюдение всех нормативных требований поможет в формировании города, который будет отвечать всем требованиям современного мира.

*Abstract:* The paper presents the results of the analysis of the urban and sanitary standards in different periods, the analysis of the inventory survey on the territory of residential quarters, Tambov, revealed the shortcomings of existing residential development. The relevance of the conducted research consists in detailed consideration of issues and proposals for landscaping of residential development subject to all the conditions dictated by the modern city. Only equally stable position on the scales of a comfortable level of sufficiency for the population and ensuring that all legal requirements will help in the formation of the city, which will meet all the demands of the modern world.

*Ключевые слова:* качество жилой среды, модернизация застройки, благоустройство территории.

*Keywords:* the quality of the living environment, modernization of buildings, landscaping.

Реконструкция и модернизация жилых кварталов представляет собой непрерывный процесс преобразования и обновления планировки и застройки города с целью улучшения условий жизнедеятельности населения и обеспечения эффективного функционирования всех эле-



ментов. Актуальность проблемы связана с необходимостью создания комфортной территории проживания с учетом интересов всех групп населения, а также обеспечения экологического благополучия на конкретных участках городской застройки.

В настоящее время приоритетным направлением при решении социальных вопросов является улучшение уровня и качества жизни населения. Под «качеством жизни» подразумевают оценку некоторого набора условий и характеристик жизни человека, основанную на его собственной степени удовлетворенности этими условиями и характеристиками. Оно включает такие объективные и субъективные факторы, как состояние здоровья, ожидаемая продолжительность жизни, условия окружающей среды, питание, бытовой комфорт, социальное окружение, удовлетворение культурных и духовных потребностей, психологический комфорт и т.п. [1]. Как видно, немаловажное значение для обеспечения качества жизни населения имеют факторы, тесно связанные со средой обитания, а именно, благоприятная внешняя экологическая среда, безопасность пользования территорией, доступность учреждений социальной сферы, наличие мест приложения труда на территории проживания и т.п.

Факторов и показателей качества городской среды множество. С помощью них можно оценить условия проживания населения. Большинство из них выражены в виде числовых показателей (уровень шума, загрязнение воздушного и водного бассейнов города, транспортная нагрузка на городских магистралях, демографический состав населения, техническое состояние жилого фонда). Но такие показатели, как архитектурный облик, привлекательность и удобство проживания, состояние благоустройства жилых территорий оценить количественно практически невозможно [2].

Достаточно эффективными способами получения информации о состоянии качества среды на жилых территориях являются социологические опросы (анкетирование) и инвентаризационные изыскания. Для проведения исследований были выбраны несколько жилых кварталов различных периодов возведения с 50-х гг. XX в. по настоящее время.

Для установления соответствия сложившейся застройки жилых кварталов современным требованиям «качества жилой среды» были выполнены следующие исследования:

- проведен анализ изменения градостроительных норм с конца 50-х гг. XX века и до настоящего времени [3 – 7];

- выполнен сравнительный анализ соответствия исследуемых кварталов нормам застройки на период строительства и современным требованиям;

– установлены общие сведения об исследуемых территориях (этажность, плотность застройки, состояние жилого фонда и элементов благоустройства);

– обследованы транспортная и пешеходная сети;

– исследованы шумовой и инсоляционный режим застройки.

Было проведено анкетирование населения для выявления наиболее актуальных проблем на территории данных кварталов.

В результате проведенных исследований установлены основные проблемы, связанные с недостаточным качеством жилой среды [8, 11]:

– формирование пространства жилого квартала в настоящее время не является приоритетом у градостроителей и муниципальной власти;

– первые этажи жилых зданий находятся в зоне дискомфорта из-за недостаточной инсоляции, видеоизоляции и повышенного уровня шума;

– отсутствует достаточное количество мест приложения труда работающего населения на территории микрорайона и в зоне пешеходной доступности;

– наблюдается дефицит объектов досуговой, спортивной инфраструктуры, предприятий бытового обслуживания;

– однообразная архитектура жилой среды, отсутствие ярких цветов в отделке фасадов зданий, неудовлетворительное состояние или полное отсутствие элементов внешнего благоустройства (детских, спортивных площадок, малых архитектурных форм);

– недостаточное количество мест временного и постоянного хранения индивидуального автомобильного транспорта на дворовой территории, стихийные парковки в непредназначенных для этого местах (газонах, детских и спортивных площадках).

В целом, оценивая полученные результаты на исследуемых территориях, можно сделать вывод о том, что сложившаяся застройка удовлетворяет многим показателям качества жилой среды (функциональное зонирование застройки, процент озеленения, обеспечение местами в детских учреждениях, шумовой и инсоляционный режим, транспортная доступность). Напротив, в жилых кварталах, сформировавшихся после 2000 г., плотность застройки достаточно высокая в связи с уменьшением противопожарных разрывов между зданиями, наблюдается острый дефицит в детских учреждениях, учреждениях здравоохранения, озеленение не сформировано, отсутствуют места для организации скверов отдыха, парковых зон и т.п. [9].

Для повышения качества среды застроенных территорий необходимо использовать скрытый потенциал сложившейся жилой застройки. Например, для решения проблемы нехватки мест в детских дошкольных учреждениях возможно размещать малокомплектные детские

сады в первых этажах жилых зданий, проведя их незначительную реконструкцию. Кроме того, на дворовых территориях с недостаточной инсоляцией целесообразно организовать дополнительные парковочные места, а также создавать многоярусные автоматические парковочные комплексы, размещаемые в торцах многоэтажных зданий [10]. Для компенсации недостаточного количества мест временного хранения автотранспорта модно использовать внедворовую территорию, буферные зоны между проезжими частями улиц и застройкой.

Таким образом, существующие в современных условиях проблемы обеспечения качества жилой среды возможно решить, всесторонне оценивая факторы и условия формирования застройки, учитывая потребности населения не только в настоящем момент, но и на перспективу.

### Библиографический список

1. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М. : ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
2. Губернский, Д. Ю. Жилище для человека / Д. Ю. Губернский, В. К. Лицкевич. – М. : Стройиздат, 1991. – 227 с.
3. СН 41–58. Правила и нормы планировки и застройки городов. – Введ. 1958-12-01.
4. СНиП II-К.2–62. Планировка и застройка населенных мест. – Введ. 1988-01-01.
5. СНиП II-60–75\*. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. – Введ. 1975-09-11.
6. СНиП 2.07.01–89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – Введ. 1983-08-25.
7. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. – Введ. 2011-05-20. – М.: Изд-во Минрегион России, 2010.
8. Хорсева, Т. Н. Проблемы благоустройства жилых кварталов г. Тамбова / Т. Н. Хорсева // Магистратура ТГТУ : сб. науч. ст. / отв. за вып. О. А. Корчагина. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2014. – Вып. 33. – 236 с.
9. Хорсева, Т. Н. Особенности формирования элементов благоустройства в застройке разных типов / Т. Н. Хорсева // Магистратура ТГТУ : сб. науч. ст. / отв. за вып. О. А. Корчагина. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2014. – Вып. 37. – 244 с.
10. Хорсева, Т. Н. Современные проблемы хранения автотранспорта на жилых территориях города / Т. Н. Хорсева, И. В. Матвеева //

Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : Материалы VI Междунар. науч.-инновационной молодежной конференции 29 – 31 октября 2014 г.

11. Матвеева, И. В. Проблемы благоустройства городских территорий разных периодов застройки (на примере г. Тамбова) / И. В. Матвеева, Т. Н. Хорсева // Актуальные проблемы городского строительства : сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : ПГУАС, 2014.

### References

1. Rajzberg B. A., Lozovskij L. Sh., Starodubceva E. B. *Sovremennyy jekonomicheskij slovar'*. – M.: INFRA-M, 1999. – 479 s.

2. Gubernskij D. Ju., Lickevich V. K. *Zhilishhe dlja cheloveka*. – M. : Strojizdat, 1991. – 227 s.

3. SN 41-58. *Pravila i normy planirovki i zastrojki gorodov*. – Vved. 1958-12-01.

4. SNiP II-K.2-62. *Planirovka i zastrojka naselennyh mest*. – Vved. 1988-01-01.

5. SNiP II-60-75\*. *Planirovka i zastrojka gorodov, poselkov i sel'skih naselennyh punktov*. – Vved. 1975-09-11.

6. SNiP 2.07.01-89\*. *Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij*. – Vved. 1983-08-25.

7. SP 42.13330.2011. *Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01-89\**. – Vved. 2011-05-20. – M. : Izd-vo Minregion Rossii, 2010.

8. Horseva T. N. *Problemy blagoustrojstva zhilyh kvartalov g. Tambova* // Magistratura TGTU. *Sbornik nauchnyh statej. Vypusk 33 / O. A. Korchagina, otv. za vyp.* – Tambov : Izd-vo Pershina R. V., 2014. – 236 s.

9. Horseva T. N. *Osobennosti formirovanija jelementov blagoustrojstva v zastrojke raznyh tipov* // Magistratura TGTU. *Sbornik nauchnyh statej. Vypusk 37/O.A. Korchagina, otv. za vyp.* – Tambov : Izd-vo Pershina R.V., 2014. – 244 s.

10. Horseva T. N., Matveeva I. V. *Sovremennye problemy hranenija avto-transporta na zhilyh territorijah goroda* // *Sovremennye tverdogfaznye tehnologii: teorija, praktika i innovacionnyj menedzhment. Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-innovacionnoj molodezhnoj konferencii 29 – 31 oktjabrja 2014 g.*

11. Matveeva I. V., Horseva T. N. *Problemy blagoustrojstva gorodskih territorij raznyh periodov zastrojki (na primere g. Tambova)* // *Aktual'nye problemy gorodskogo stroitel'stva. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii 2-3 dekabrja 2014 g (g. Penza).*

УДК 628.89

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ТИПОВОЙ СЕРИИ 1-447С В РАМКАХ ПРОВЕДЕНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ДЛЯ УСЛОВИЙ г. ТАМБОВА**

**В. С. Игнатова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89204719040, e-mail: wasok207@yandex.ru)*

*Аннотация:* На основании выполненного анализа жилых зданий различных периодов постройки в г. Тамбова установлены наиболее распространенные здания типовой массовой серии 1-447с. Проведена оценка их технического состояния и теплозащитных характеристик для разработки мероприятий по капитальному ремонту с повышением их энергоэффективности. Для зданий серии 1-447с с различной степенью теплозащиты составлены энергетические паспорта, определены классы энергетической эффективности, предложены варианты повышения энергоэффективности таких зданий пассивными методами при проведении капитального ремонта. Произведено сравнение предложенных вариантов с точки зрения изменения класса энергоэффективности рассматриваемых зданий и экономической целесообразности проведения намеченных мероприятий.

*Abstract:* On the basis of the analysis of residential buildings of various periods of construction in Tambov it is established the most widespread buildings of a standard mass series 1-447с. The assessment of their technical condition and heat-shielding characteristics for development of actions for capital repairs with increase of their energy efficiency is carried out. For buildings of a series 1-447с with various degree of a heat-shielding the power passports are made, classes of power efficiency are defined, options of increase of energy efficiency of such buildings are offered by passive methods when carrying out capital repairs. Comparison of the offered options from the point of view of change of a class of energy efficiency of the considered buildings and economic feasibility of carrying out the planned actions is made.

*Ключевые слова:* многоквартирные жилые здания, энергоэффективность, капитальный ремонт, реконструкция.

*Keywords:* multiroom residential buildings, energy efficiency, capital repairs, reconstruction.

Проблема повышения энергоэффективности зданий остается актуальной как в свете потребности снижения потребления энергии в экономике, так и с точки зрения экономии расходов на коммунальные ресурсы, не говоря уже о том, что это вопрос повышения комфорта и «качества жизни». В случае уже эксплуатируемых зданий, в отличие от вновь возводимых, речь идет о капитальном ремонте, модернизации, энергосанации, т.е. о серьезных преобразованиях с целью обновления здания и улучшения его эксплуатационных характеристик.

Для многих жилых многоквартирных домов характерна высокая степень износа, в связи с чем они требуют проведения капитального ремонта и реконструкции. Так, по данным ЦЭНЭФ, более 60% многоквартирных жилых домов характеризуются степенью износа более 30%, а средний износ основных фондов в жилищно-коммунальном хозяйстве составляет порядка 40%. При этом актуальным вопросом остается снижение потребления энергии и воды в зданиях.

Законодательно не установлена необходимость достижения определенного порога энергоэффективности при реконструкции здания или при его капитальном ремонте, как нет и общепринятого механизма мониторинга текущей ситуации.

Нарушение нормативных сроков периодичности капитального ремонта и реконструкции, включая соблюдение теплотехнических норм, привело к тому, что наша страна оказалась практически на одном из последних мест в мире по тепловой эффективности жилых зданий. Удельные затраты топлива в жилищной сфере достигли 87...89 кг условного топлива на 1 м<sup>2</sup> общей площади в год, что в 3,5 раза больше, чем в Норвегии и Канаде с аналогичными климатическими условиями. Если 30% расхода энергоресурсов связано с непроизводительными потерями в установках генерации, транспортировки и распределения энергии, то остальные 70% потерь происходят непосредственно при потреблении в жилых домах [1].

Важнейшей частью нового этапа жилищной политики России становится не только новое строительство, но и капитальный ремонт и реконструкция существующего жилищного фонда и, в первую очередь, жилых домов массовых серий первого и второго поколения. Капитальный ремонт обеспечит снижение расходов потребления и потерь энергоресурсов, безопасность проживания, повышение комфорта и архитектурного качества застройки. Реконструкция повысит стандарт потребительского качества жилья на вторичном рынке, сделает более плавным процесс продвижения реформы жилищно-коммунального хозяйства, когда снижение затрат по расчетам за ком-

мунальные услуги компенсирует повышение тарифов за энергопотребление.

Реализация мер по капитальному ремонту и модернизации жилищного фонда не только позволит поддержать жилищный фонд в удовлетворительном техническом состоянии, но и предполагает значительный социально-экономический эффект. Сокращаются расходы на отопление и горячее водоснабжение на 40...50%. После проведения мероприятий по капитальному ремонту жилищный фонд и рынок насыщаются дефицитными типами квартир. Капитальный ремонт жилых домов массовых серий, расположенных, как правило, в центральных и периферийных районах города, имеющих развитую социальную и транспортную инфраструктуру, позволит вдохнуть новую жизнь в старые здания, повысить качество жилой среды.

Наибольший интерес с точки зрения капитального ремонта представляют жилые здания, имеющие срок службы более тридцати лет, возведенные в период с 1960 по 1979 годы. Для них срок комплексного капитального ремонта уже истек, поэтому в таких зданиях необходимо в первую очередь проводить мероприятия по восстановлению утраченных эксплуатационных качеств с улучшением теплозащитных свойств ограждающих конструкций и повышением энергоэффективности зданий в целом. Для исследования технических и теплотехнических параметров зданий и их влияния на состав работ по капитальному ремонту выбраны здания типовой серии 1-447с, относящиеся к периоду 60 – 70-х годов постройки [2].

Целью данной работы является предложение возможных мероприятий по капитальному ремонту здания типовой серии 1-447с с повышением класса энергетической эффективности [3] и улучшением теплозащитных свойств ограждающих конструкций с последующим снижением затрат жильцов на коммунальные услуги [8]. Для рассматриваемых зданий выполнен расчет примерной стоимости предложенных вариантов работ по капитальному ремонту зданий, исходя из размеров минимального взноса на капитальный ремонт в г. Тамбове, с учетом коэффициентов инфляции и дисконтирования вложенных средств (см. табл. 1).

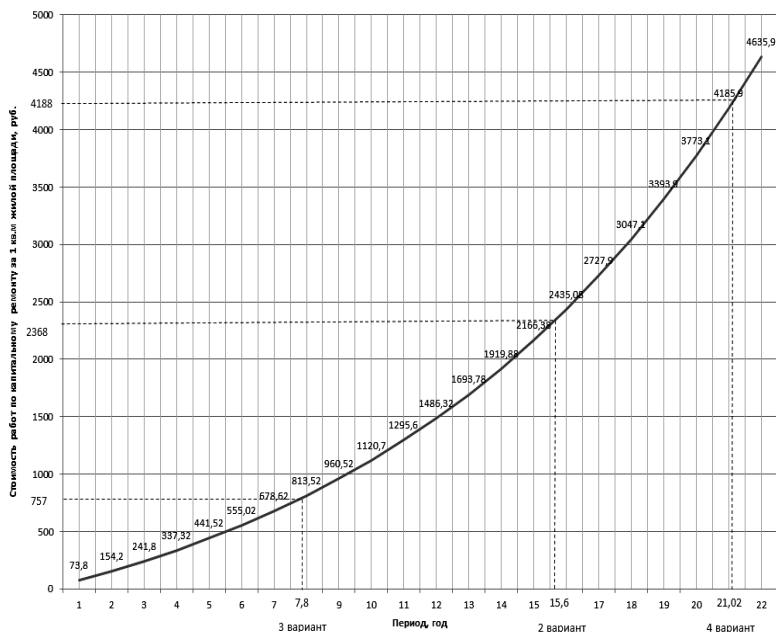
С учетом экономических факторов (коэффициент дисконтирования и инфляция [6]) сроки окупаемости работ значительно сокращаются. На графике (см. рис. 1) показаны три наиболее оптимальных варианта пассивных мероприятий по повышению энергоэффективности в рамках проведения капитального ремонта [7]. Наиболее экономичный вариант окупится за 7,8 лет (вместо 9,9 лет, см. табл.1); наиболее затратный – за 21 год (вместо 55 лет, см. табл. 1).

**1. Стоимость работ по капитальному ремонту зданий  
типовой серии 1-447 и примерные сроки их окупаемости  
без учета экономических факторов**

Вариант капитального ремонта с повышением энергоэффективности	Класс энергоэффективности	Общая стоимость работ, млн. р.	Стоимость работ на 1 м <sup>2</sup> площади, р.	Ежемесячный взнос на капитальный ремонт	Сроки окупаемости
1. Утепление наружных стен	C+ (Нормальный)	3,8	1903,1	В 2015 г. 6,34 р. за 1 м <sup>2</sup> [4]	25 лет
2. Утепление стен, замена окон на ПВХ	C+ (Нормальный)	4,7	2368,2		31,13 лет
3. Замена окон на ПВХ, утепление чердачного покрытия, оштукатуривание фасада	C– (Нормальный)	1,5	756,9		9,9 лет
4. Утепление, стен, замена окон на ПВХ, утепление чердачного покрытия	B (Высокий)	8,4	4188		55 лет

Проведенный анализ возможных вариантов мероприятий по капитальному ремонту здания типовой серии 1-447 с составлением энергетических паспортов и сметной стоимости работ показал, что для доведения здания до нормального класса энергоэффективности достаточно минимальный состав работ по улучшению теплозащитных качеств ограждающих конструкций. Эффективным будет поэтапное проведение полного комплекса работ по капитальному ремонту здания с доведением класса энергоэффективности до высокого при последовательном капиталовложении жильцов с помощью программы капитального ремонта г. Тамбова.





**Рис. 1. График зависимости стоимости работ по капитальному ремонту от периода времени с учетом экономических показателей**

### Библиографический список

1. Энергоэффективная реконструкция малоэтажных жилых домов в Ленинградской области [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <http://portal-energo.ru/articles/details/id/344>.
2. Игнатова, В. С. Пути повышения энергоэффективности жилых зданий постройки периода 60 – 80 гг. XX века в рамках проведения капитального ремонта для условий г. Тамбова / В. С. Игнатова // Сборник трудов, посвященный 70-летию кафедры «Городское строительство и архитектура» / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза, 2015. – С. 92 – 94.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Введ. 01.07.2013. – М. : Минрегион России. 2013. – 96 с.
4. Тамбовская область. Тамбов. Закон Тамбовской области [Об организации проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах, расположенных на территории Тамбовской области]. – Тамбов. – Утв. 2013-07-23.

5. Кувшинов, Ю. Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения / Ю. Я. Кувшинов. – М. : Изд-во АСВ, 2007. – 184 с.

6. Уровень инфляции в России [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : [http://уровень-инфляции.рф/таблица\\_инфляции.aspx](http://уровень-инфляции.рф/таблица_инфляции.aspx).

7. ТСН 23-304–99. Энергосбережение в зданиях. – Введ. 01.01.2009. Госгражданстрой – М. : Прейскурант. 2009. – 54 с.

8. Энергоэффективность и теплозащита зданий : учебное пособие / В. С. Беляев [и др.]. – М. : Изд-во АСВ, 2012. – 400 с.

### References

1. Jenergojefektivnaja rekonstrukcija malojetazhnyh zhilyh domov v Leningradskoj oblasti [Jelektronnyj resurs]: baza dannyh. – Rezhim dostupa : <http://portal-energo.ru/articles/details/id/344>.

2. Ignatova, V. S. Puti povyshenija jenergojefektivnosti zhilyh zdaniy postrojki perioda 60-80 gg. NN veka v ramkah provedenija kapital'nogo remonta dlja uslovij g.Tambova / V. S. Ignatova // Penzenskij gosudarstvennyj universitet arhitektury i stroitel'stva. Sbornik trudov, posvjashchennyj 70-letiju kafedry «Gorodskoe stroitel'stvo i arhitektura». – Penza, 2015. – S. 92 – 94.

3. SP 50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdaniy. – Vved. 01.07.2013. – М. : Minregion Rossii. 2013. – 96 с.

4. Tambovskaja oblast'. Tambov. Zakon Tambovskoj oblasti [Ob organizacii provedenija kapital'nogo remonta obshhego imushhestva v mnogokvartirnyh domah, raspolozhennyh na territorii Tambovskoj oblasti]. – Tambov. – Utv. 2013-07-23.

5. Kuvshinov, Ju. Ja. Teoreticheskie osnovy obespechenija mikroklimata pomeshhenija / Ju. Ja. Kuvshinov. – М. : Izdatel'stvo ASV, 2007. – 184 s.

6. Uroven' infljicii v Rossii [Jelektronnyj resurs]: baza dannyh. – Rezhim dostupa : [http://uroven'-infljicii.rf/tablica\\_infljicii.aspx](http://uroven'-infljicii.rf/tablica_infljicii.aspx).

7. TSN 23-304–99. Jenergosberezhenie v zdaniyah. – Vved. 01.01.2009. Gosgrazhdanstroj. – М. : Prejskurant. 2009. – 54 с.

8. Beljaev, V. S. Jenergojefektivnost' i teplozashhita zdaniy : uchebnoe posobie / V. S. Beljaev [i dr.]. – М. : Izdatel'stvo ASV, 2012. – 400 с.

**ИНФОРМАТИКА И  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

УДК 007.51

## **ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАБОТЫ ОПЕРАТОРА СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**С. М. Терехов<sup>1</sup>, К. С. Корнилов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (953)1282474, e-mail: Stpodiumz4@gmail.com).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (905)0857617, e-mail: i\_siroinka@rambler.ru)*

*Аннотация:* Рассматривается автоматизированная информационно-техническая система работы оператора сетей теплоснабжения, позволяющая диспетчеру в удаленном режиме проводить анализ показателей функционирования, предупреждение аварийных ситуаций и реагирование на изменения в системе теплоснабжения.

*Abstract:* We consider the automated information-technical system operator heating networks, allowing the dispatcher to remotely carry out the analysis of performance indicators, emergency prevention and response to changes in the heating system.

*Ключевые слова:* автоматизация, информационная система, мониторинг, оператор, теплоснабжение, SCADA.

*Keywords:* automation, information system, monitoring, operator, heating, SCADA.

На сегодняшний день в Тамбовской области преимущественно используются системы централизованного теплоснабжения (ТЭЦ) и местные системы теплоснабжения (модульные котельные). Традиционно системы теплоснабжения проектируются исходя из среднемесячных температур для данного региона. Однако такой способ проектирования приводит к избыточным или недостаточным топливозатратам из-за разницы среднемесячных и фактических температур.

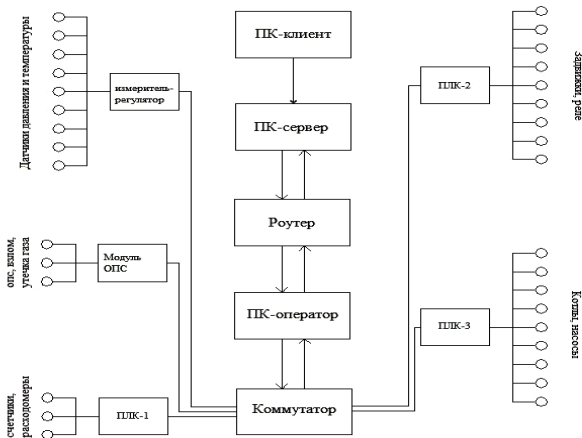
С каждым годом потребность в разработке информационно-технических систем автоматизации технологического оборудования увеличивается как в России, так и во всем мире [1]. Для снижения материальных издержек при эксплуатации, повышения эффективности работы систем теплоснабжения, а также обеспечения безопасности и бесперебойности функционирования при проектировании новых и модернизации существующих систем теплоснабжения актуальным является использование систем автоматизации и управления работой систем теплоснабжения. Применение таких систем мониторинга повыша-

ет эксплуатационные характеристики систем, позволяет проводить статистический анализ данных, осуществлять оперативное реагирование на изменение в работе систем, сокращать количество и повышать эффективность функционирования операторов.

Решение задач разработки информационных систем автоматизации и управления работой систем теплоснабжения, таких как создание центра управления оператором системы теплоснабжения, удобно производить с помощью систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) [2].

Постановку задачи проектирования информационной системы удаленного мониторинга за работой энергетических установок можно представить следующим образом: необходимо разработать информационную систему для мониторинга состояния систем теплоснабжения с применением технологии удаленного доступа и использованием сетей на базе стека протоколов TCP/IP, для передачи статистических данных с программируемого логического микроконтроллера на удаленный сервер с последующей возможностью оказывать управляющее воздействие на исследуемый объект.

Разработка информационной системы должна быть ориентирована на конкретную архитектуру проектируемой системы – схему, контроллеры, автоматику [2]. На рисунке 1 предложен схематичный вариант физического уровня подобной системы мониторинга и управления отдельной взятой котельной.



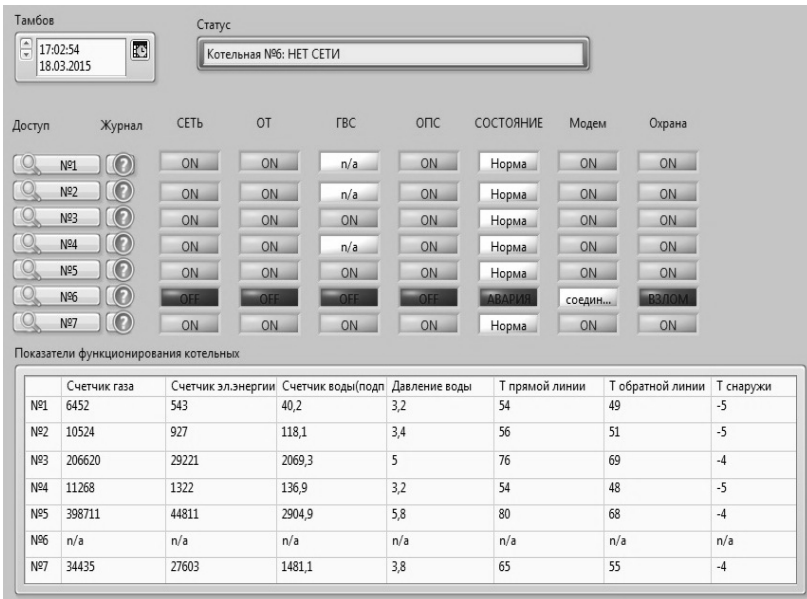
**Рис. 1. Система удаленного мониторинга за работой энергетических установок**

Рисунок 1 показывает, каким образом осуществляется сетевое взаимодействие Client-Server-Operator в разработанной SCADA-системе.

В среде программирования Labview была разработана автоматизированная информационная система удаленного контроля работы систем теплоснабжения [3]. Данная информационная система позволяет объединить и автоматизировать водогрейные котельные, работающие без обслуживающего персонала.

Панель индикаторов сообщает оператору состояние ключевых систем:

1. Сеть – электроснабжение котельной;
2. ОТ – функционирование отопления;
3. ГВС – функционирование горячего водоснабжения;
4. ОПС – функционирование охранно-пожарной сигнализации;
5. Состояние – текущее состояние отдельно взятой котельной;
6. Модем – функционирование роутера для приема передачи данных котельной;
7. Охрана – функционирование и статус охранной сигнализации.



**Рис. 2. Передняя панель автоматизированной информационной системы для работы оператора**

Информационная система удаленного контроля работы систем теплоснабжения является эффективным средством анализа эффективности системы, предупреждения внештатных ситуаций и реагирования на возникающие неполадки работы системы теплоснабжения [4, 5]. Применение таких информационных систем позволяет повысить эксплуатационные характеристики, позволяет проводить статистический анализ данных, осуществлять оперативное реагирование на изменение в работе систем, сокращать количество и повышать эффективность функционирования операторов.

Информационная система разработана под руководством доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «КИСМ» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В. А. Немтинова. Информационная система проходит испытания в крупной теплоснабжающей организации Тамбовской области.

### Библиографический список

1. Herbst, J. F. Automatic control in power generation, distribution and protection. Proceedings of the IFAC Symposium / J. F. Herbst. – Pretoria, Republic of South Africa, 1980.

2. Терехов, С. М. Основы разработки информационно-технической системы мониторинга и управления работой энергетических установок / С. М. Терехов, В. А. Немтинов // Components scientific and technological progress. Материалы V Международной научно-практической конференции «Наука. Общество. Бизнес», 2015 г. – Тамбов : Изд-во «ТМБ ПРИНТ».

3. Терехов, С. М. Автоматизированная информационная система удаленного контроля системы отопления / С. М. Терехов, В. А. Немтинов // Компьютерные измерительные технологии : материалы I Международного симпозиума. – ДМК Пресс, 2015. – С. 34.

4. Немтинов, В. А. Виртуальное моделирование объектов системы подготовки воды / В. А. Немтинов, А. В. Салущева, А. А. Бубнов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов. – 2011. – № 2, т. 17. – С. 445 – 448.

5. Пахомов, П. И. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями / П. И. Пахомов, В. А. Немтинов. – М. : Машиностроение, 2009. – 124 с.

### References

1. Herbst, J. F. Automatic control in power generation, distribution and protection. Proceedings of the IFAC Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, 1980.
2. Terekhov S. M., Nemtinov V. A. Osnovy razrabotki informacionno-tehnicheskoy sistemy monitoringa i upravleniya rabotoj energeticheskikh ustanovok // Components scientific and technological progress – Tambov: izdatel'stvo «TMB PRINT». Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauka. Obshhestvo. Biznes», 2015 g.
3. Terekhov S. M., Nemtinov V. A. Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema udalennogo kontrolya sistemi otopeniya // Komp'uternie izmeritelnie tehnologii: Materiali I Mejdunarodnogo simpoziuma.: DMK press, 2015. – С. 34.
4. Nemtinov V. A., Salusheva A. V., Bubnov A. A. Virtualnoe modelirovanie ob'ektov podgotovki vodi // Vestnik tambovskogo gosudarstvennogo universiteta. – Tambov. – 2011. – № 2, т. 17. – С. 445 – 448.
5. Pahomov P. I., Nemtinov V. A. Tehnologiya podderjki prinyatiya reshenii po upravleniu injenernimi kommunikacijami. M. : Mashinostroyeniye, 2009. – 124 s.



**ИНФОРМАЦИОННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
СИСТЕМ**

УДК 004.087.5

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RFID-АУТЕНТИФИКАТОРОВ В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ ВЕЛОПАРКОВОК И ВЕЛОПРОКАТА**

**Е. О. Васюкова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)760145, e-mail: ty68rus11@mail.ru)*

*Аннотация:* Программно-аппаратный комплекс по предупреждению краж велосипедов и реализации сервиса проката предназначен для снижения количества краж велосипедов, а также обеспечения возможности поиска украденных велосипедов по БД на основе применения RFID-меток. Оригинальной идеей проекта является совмещение на RFID-карте владельца и RFID-метке устройства функций идентификации и аутентификации и соответственно принятие решения аппаратно-программным комплексом на разблокировку устройства фиксации велосипеда.

*Abstract:* Software and hardware to prevent thefts of bicycles and the implementation of the rental service is designed to reduce the number of thefts of bicycles and provide retrieval of stolen bikes in the database based on the application of RFID tags. The original idea of the project is to combine RFID card holder and RFID tag device functions identification and authentication and thus the decision making hardware-software complex for unlocking the fixing device of the Bicycle.

*Ключевые слова:* RFID-метки, аутентификация, идентификация, электромагнитная индукция, хэш-функция.

*Keywords:* RFID tags, authentication, identification, electro-magnetic induction, hash function.

В наше время кражи велосипедов очень распространенное явление. Велосипеды воруют везде. Это одно из самых распространенных преступлений не только у нас, но и в Европейских странах со спокойной криминогенной обстановкой. Не отстают от других и такие самые велосипедные страны, как Голландия, Дания, Швейцария и Швеция. По статистике очень мало велосипедов возвращаются к своим владельцам, но действовать все равно надо. Что необходимо делать, чтобы избежать кражи велосипеда?

В основном велосипеды крадут с велостоянок в общественных местах либо пристегнутого замком, либо просто по халатности оставленного на время без средств защиты. Второе самое популярное место, где могут увести велосипед – это место его хранения: лестничная площадка, гараж, сарай и др. И совсем крайний вариант – это когда грабят велосипедиста, завладев его имуществом при помощи силы.

К сожалению, кража велосипеда является серьезным препятствием его популяризации. Потенциальные владельцы велосипедов опасаются угона и не торопятся его покупать, боясь за его сохранность. Системы видеонаблюдения и велопарковки, которых у нас практически нет, не могут решить эту проблему.

Современные противоугонные устройства для велосипеда только частично помогают бороться с воровством. Но люди, которые этим занимаются, уже давно изучили их, тем более, что в конструкции велозамка нет ничего сложного. Вор, использующий современный специнструмент, за несколько секунд с ним справляется. Велозамок помогает выиграть незначительное время, чтобы предотвратить преступление.

Условия содержания «железного коня» в безопасности от краж ничтожна, а именно этому способствуют плохо оборудованные и небезопасные места парковки. Недаром вопросом устройства безопасных велопарковок заинтересовалась заместитель председателя правительства Ольга Голодец после обращения представителей «Молодой гвардии Единой России».

Программно-аппаратный комплекс по предупреждению краж велосипедов и реализации сервиса проката предназначен для снижения количества краж велосипедов, а также обеспечения возможности поиска украденных велосипедов по БД на основе применения RFID-меток.

Существует несколько способов систематизации RFID-меток [1]:

- по типу питания;
- по видам памяти;
- по исполнению;
- по рабочей частоте.

По типу питания метки подразделяются на активные, которые обладают собственным источником питания и не зависят от энергии считывателя, и пассивные, которые не имеют встроенного источника энергии.

По видам памяти транспондеры делятся на RO (Read Only), WORM (Write Once Read Many) и RW (Read and Write).

По исполнению различают стандартные пластиковые карты, дисковые метки, различные виды брелоков, самоклеящиеся бумажные и лавсановые метки и специальные исполнения для жестких условий эксплуатации.

И, наконец, по рабочей частоте выделяют метки диапазона LF 125-134 кГц, метки диапазона HF 13,56 МГц, метки диапазона UHF 860-960 МГц и радиочастотные UHF-метки ближнего поля.

Для программно-аппаратного комплекса подходят RFID-метки, относящиеся к следующим классам: пассивные, WORM, стандартные пластиковые карты и специальные исполнения для жестких условий эксплуатации и с рабочей частотой в диапазоне HF 13,56 МГц.

На сегодняшний день известно достаточно большое количество средств идентификации и аутентификации, а именно [1, 2]:

для идентификации:

- RFID;
- штрих-коды;
- электронные ключи класса Touch Memory;
- биометрия;
- карты с магнитной полосой (динамическая и статическая);

для аутентификации:

- пароли (многозначные и OTP);
- смарт-карты + PIN;
- электронные ключи класса eToken + PIN.

Однако не все они одинаково пригодны для реализации данного проекта. В частности, одномерные и двумерные штрих-коды ограничены объемом содержащейся в них информации и сроком использования, количеством циклов обращения и т.д. А RFID-метки обладают следующими преимуществами, которые важны для реализации программно-аппаратного комплекса [3,4]:

- запись большого объема информации на метку;
- шифрование и защита данных: возможна установка пароля на операции чтения и записи, вследствие чего защита от краж и подделок;
- защита меток от вредоносных факторов и более долгий срок службы (RFID-метка может быть использована до 100 000 раз);
- распознавание движущихся объектов.

Основные места внедрения RFID-меток в велосипед – это рама, седло и обода колес (рис. 1).



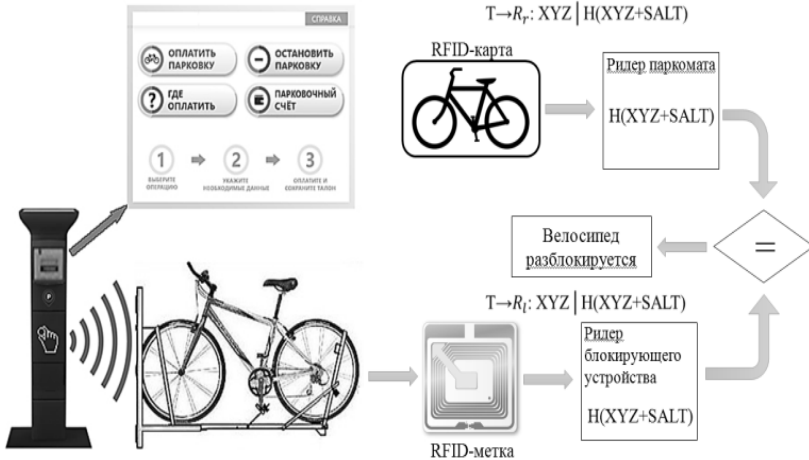
**Рис. 1. Места внедрения меток**

Принцип функционирования RFID-меток основан на возможности использования электромагнитной индукции, наводимой в антенне RFID-метки, в качестве источника питания, внедренной в нее микросхемы [4]. Попадая в электромагнитное поле считывателя, антенна RFID-метки обеспечивает питание микросхемы, которая, в свою очередь, выполняет операции чтения записанных в нее данных и их криптографического преобразования.

RFID-технология применяется в трех ситуациях:

- 1) оборудование велопаркомата;
- 2) поиск угнанных велосипедов;
- 3) реализация сервиса проката.

Рассмотрим применение RFID-метки на примере оборудования велопаркомата. Владелец велосипеда обладает RFID-картой, подтверждающей его право собственности. Для осуществления парковки владелец устанавливает свой велосипед в блокирующее устройство и осуществляет его фиксацию. Для разблокировки велосипеда владельцу необходимо приложить RFID-карту к считывателю паркомата; при этом будет вычислена хэш-функция карты, значение которой будет сравнено со значением хэш-функции, полученной от RFID-метки, внедренной в велосипед (рис. 2).



**Рис. 2. Формализованный протокол оборудования велопаркомата**

Протокол обмена между считывателем RFID-карты программно-аппаратным комплексом и считывателем RFID-метки велосипеда при операции аутентификации формально может быть представлен следующим образом [3]:

- 1)  $T \rightarrow R_r : XYZ | H_r(XYZ + SALT) ;$
- 2)  $T \rightarrow R_l : XYZ | H_l(XYZ + SALT) ;$
- 3) Если  $H_r(XYZ + SALT) = H_l(XYZ + SALT)$ , то разблокировка.

Следующее применение – это поиск угнанных велосипедов. Владелец украденного велосипеда предоставляет в органы полиции RFID-метку, подтверждающую право собственности и заявление о краже. Полученная информация заносится в БД угнанных велосипедов. Полицейский с портативным считывателем осуществляет бесконтактную проверку велосипедов и в автоматическом режиме производится анализ, находится ли в розыске данный велосипед (рис. 3).

Возможно еще применение данной технологии при реализации сервиса проката велосипеда, который полностью аналогичен рассмотренному ранее механизму велопарковки, с тем лишь отличием, что RFID-карта владельца приобретается за определенную плату в специальных торговых точках (рис. 4).

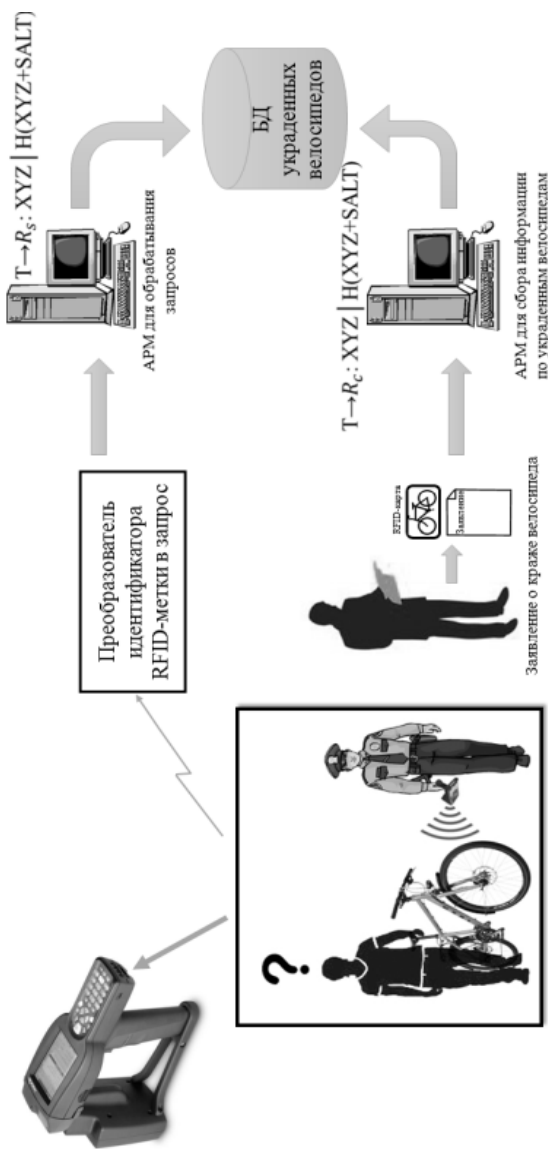


Рис. 3. Протокол обработки информации по угнанным велосипедам

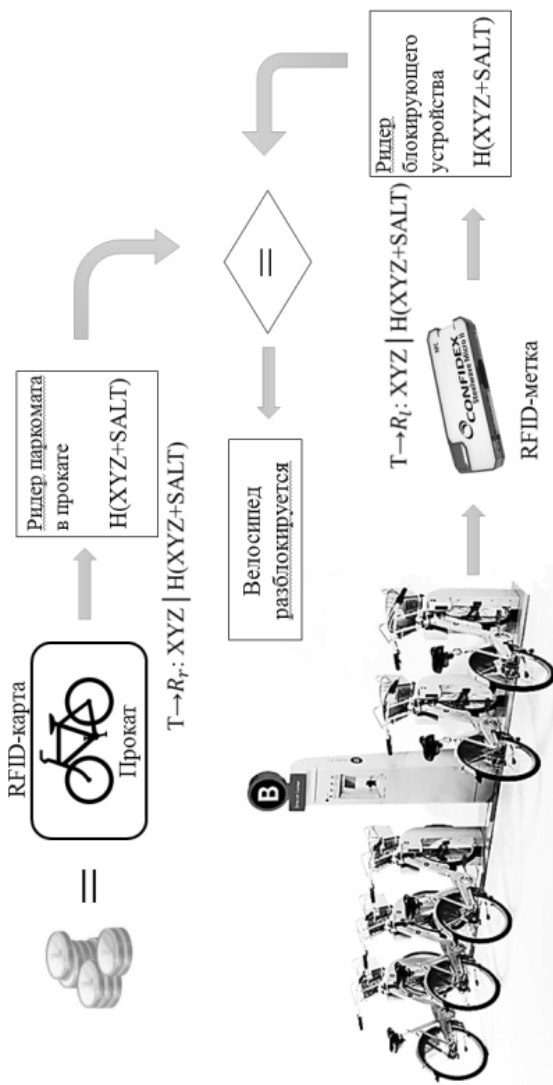


Рис. 4. Формализованный протокол реализации сервиса проката



Таким образом, данный программно-аппаратный комплекс позволит значительно снизить количество краж велосипедов, а также облегчит работу сотрудников Полиции в мониторинге и поиске украденных велосипедов. Он будет полезен для бизнеса – в реализации сервиса проката, для Полиции – в поиске украденных велосипедов по БД и для городского коммунального хозяйства – в обеспечение безопасных велопарковок.

### Библиографический список

1. Щеглов, А. Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа / А. Ю. Щеглов. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 384 с.
2. Яковлев, А. В. Двумерные коды как источник носителя идентификационного признака в системах контроля и управления доступом / А. В. Яковлев, А. А. Тихомирова // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», 7–8 февраля 2013 г. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2013. – Т. 3. – С. 34 – 41.
3. Ричард, Э. Смит. Аутентификация: от паролей до открытых ключей / Ричард Э. Смит. – М. : Вильямс, 2002. – 424 с.
4. Finkenzeller, K. RFID handbook / K. Finkenzeller. – UK : Wiley, 2010. – 462 с.

### References

1. Shcheglov A. Yu. Zashchita komp'yuternoj informacii ot nesankcionirovannogo dostupa. – SPb : Nauka i tekhnika, 2004. – 384 s.
2. Yakovlev A. V. Tihomirova A. A. Dvumernye kody kak istochnik nosatelya identifikacionnogo priznaka v sistemah kontrolya i upravleniya dostupom // Materialy XIII mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii «Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii», 7–8 fevralya 2013 g. T. 3. – Voronezh : IPC VGU, 2013. – S. 34 – 41.
3. Richard E. H. Smit. Autentifikaciya: ot parolej do otkrytyh klyuchej. – M. : Vil'yams, 2002. – 424 s.
4. Finkenzeller K. RFID handbook. – UK : Wiley, 2010. – 462 s.

УДК 621.396: 001.056

## **ПОКАЗАТЕЛИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И НАВОДОК**

**Л. А. Алтухова**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов*

*Аннотация:* Приводятся информационные и вероятностные показатели защищенности информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок. Рассматриваются такие показатели, как неопределенность информации на выходе канала утечки, пропускная способность канала утечки, вероятности правильного приема блока и отдельных символов по отводному каналу.

*Abstract:* Happen to information and probabilistic factors safety information from drain on channel of the side electromagnetic radiations and noise pickup Such factors are Considered as uncertainty to information on leaving the channel of the drain, reception capacity of the channel of the drain, probability of the correct receiving the block and separate symbol on outlet channel.

При решении многих научных и практических задач, связанных с защитой информации от утечки по техническим каналам требуется количественная оценка состояния ее защищенности.

Работа радиоэлектронных средств неизбежно связана с побочными электромагнитными излучениями и наводками (ПЭМИН) на соседние кабели и цепи, перехват которых образует канал утечки информации. Канал утечки информации за счет ПЭМИН на качественном уровне можно пояснить с помощью модели, изображенной на рис. 1

Подобная модель может быть выявлена и внутри радиоэлектронных средств обработки, хранения и передачи информации, где источниками и приемниками сообщений будут ее отдельные узлы и платы, а каналом передачи – соединяющие их проводники.

Каналу утечки информации, изображенному на рис. 1, можно поставить в соответствие его математическую модель, представленную на рис. 2.

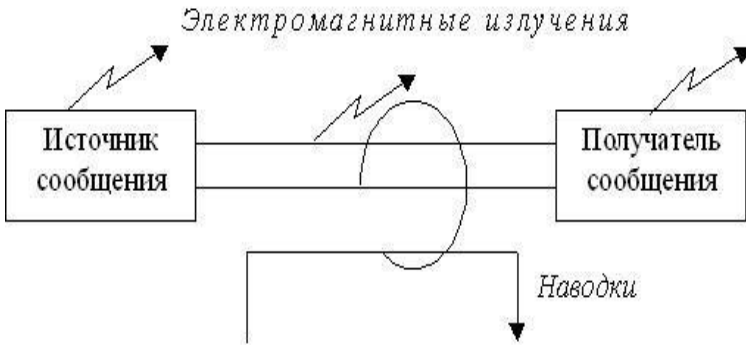


Рис. 1. Модель канала утечки за счет ПЭМИН

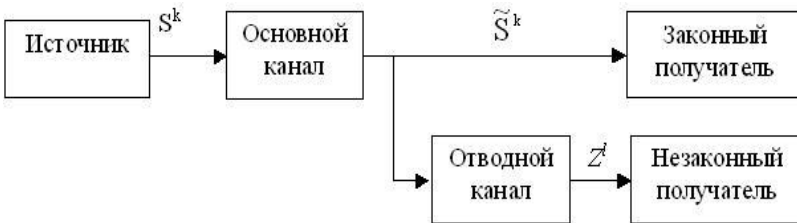


Рис. 2. Математическая модель канала утечки

Дадим формальное описание данной модели. Источник формирует дискретные последовательности символов длины  $k$ , взятых из некоторого алфавита объемом  $S: s_1, s_2, s_3, \dots, s_{k-1}, s_k$ .

Основной канал представляет собой дискретный канал без памяти  $\{S, p(\tilde{s} | s), \tilde{S}\}$ , т.е. с входным алфавитом  $S$ , выходным алфавитом  $\tilde{S}$  и матрицей переходных вероятностей  $\|p(\tilde{s} | s)\|$ .

Канал утечки или отводной канал – дискретный канал без памяти  $\{\tilde{S}, p(z | \tilde{s}), Z\}$ .

Так как незаконный пользователь лишен некоторой возможности, присущей законному пользователю, в частности, отводной канал обладает значительно меньшей достоверностью, то и сообщение, получаемое по отводному каналу, в общем случае, отличается от сообщения, получаемого по основному каналу, т.е.  $\tilde{S} \neq Z$ .

Средняя взаимная информация [1] между  $k$ -последовательностями на входе и  $l$ -последовательностями на выходе отводного канала определяется выражением

$$I(S^k; Z^l) = H(S^k) - H(S^k | Z^l), \quad (1)$$

где  $H(S^k)$  – энтропия  $k$ -последовательностей источника,  $H(S^k | Z^l)$  – условная энтропия источника при известных  $l$ -последовательностях на выходе отводного канала.

Тогда очевидно, что если  $H(S^k | Z^l) = H(S^k)$ , то  $I(S^k, Z^l) = 0$ , т.е. информация незаконному пользователю не передается. Если же  $H(S^k | Z^l) = 0$ , то  $I(S^k, Z^l) = H(S^k)$ , т.е. незаконный пользователь получает полную информацию об источнике. В промежуточном случае незаконный пользователь получает некоторое количество информации, отличное от нулевого, но не полное.

Задача сводится к определению показателей защищенности информации от утечки по каналам ПЭМИН. Очевидно, что критерием защищенности информации будет сравнение найденного значения показателя с его допустимым значением.

*Неопределенность информации на выходе канала утечки.* Найдем неопределенность информации на выходе канала утечки. Будем полагать, что исследуемые источники стационарны, т.е. вероятности двух одинаковых последовательностей, занимающих различные временные позиции, равны

$$p(st1, st2, \dots, stk) = p(st1 + c, st2 + c, \dots, stk + c), \quad (2)$$

где  $c$  – произвольное вещественное число.

Стационарные случайные последовательности обладают свойством эргодичности, т.е. их статистические параметры, определенные на достаточно длинном отрезке данной реализации совпадают с параметрами усредненных реализаций этих случайных последовательностей.

Вообще говоря, дискретные случайные последовательности, соответствующие сообщениям, не удовлетворяют требованиям стационарности и эргодичности. Однако на ограниченных временных интервалах, достаточно больших, чтобы измерять их статистические параметры, эти последовательности вполне можно считать стационарными.

Важнейшей усредненной информационной характеристикой источника является его энтропия

$$H_s = \lim_{k \rightarrow \infty} H(S^k), \quad (3)$$

где  $H(S^k) = \frac{1}{k} H(s_1, s_2, \dots, s_k) = \frac{1}{k} M(\log 1/p(\bar{s}))$ ,

где  $p(\bar{s})$  – распределение вероятностей на  $S_k$ ,  $M(x)$  – математическое ожидание случайной величины  $x$ .

Как известно из теории информации [1], такое определение энтропии эквивалентно определению

$$H_s = \lim_{k \rightarrow \infty} H(S_k | s_1, s_2, \dots, s_{k-1}), \quad (4)$$

где  $H(S_k | s_1, s_2, \dots, s_{k-1})$  – условная энтропия  $k$ -го элемента в последовательности при условии, что заданы первые  $k - 1$  элементов.

В частном случае, если источник без памяти,

$$p(\bar{s}) = \prod_{i=1}^k p(s_i) \text{ и } H_s = H(S), \quad (5)$$

где  $H(S) = M(\log(1/p(s)))$  – энтропия ансамбля.

Интервал корреляции случайных последовательностей обычно ограничен несколькими элементами, и поэтому источник можно с достаточной точностью описать, зная его одномерные  $p(s_i)$ , двумерные  $p(s_{i-1}, s_i)$  и трехмерные  $p(s_{i-2}, s_{i-1}, s_i)$  распределения вероятностей, а также соответствующие им энтропии  $H(s_i)$ ,  $H(s_i | s_{i-1})$ ,  $H(s_i | s_{i-1}, s_{i-2})$ . В свою очередь, это позволяет достаточно точно определить количественные характеристики защищенности источников информации, имеющих различные избыточности.

Статистические характеристики различных источников информации достаточно хорошо изучены и описаны в литературе [2]. В крайнем случае, их можно определить экспериментально.

При сопоставлении защищенности источников, имеющих разную избыточность, удобнее пользоваться нормированной величиной неопределенности

$$\Delta = \frac{H(S^k | Z^l)}{H(S^k)}. \quad (6)$$

Данный показатель (6) полезен в основном при исследовании теоретических аспектов защищенности информации, так как сложно определить допустимую неопределенность, при которой обеспечивается достаточная защищенность информации.

*Пропускная способность канала утечки.* Пусть нормированная пропускная способность канала утечки определяется как

$$C = \frac{1}{k} \max_{P(S^k)} I(S^k; Z^l). \quad (7)$$

Тогда, очевидно, что критерием защищенности информации будет выполнение неравенства  $H_s > C$ . Ибо, как показал К. Шеннон [1],

для канала связи с пропускной способностью  $C$  найдется такой способ кодирования-декодирования со скоростью  $R \leq C$ , что при неограниченном увеличении длины кодового блока вероятность ошибки Род может быть меньше любой заданной величины. И наоборот, если  $R > C$ , то такого способа кодирования не существует. Более того, при неограниченном увеличении длины кодового блока  $P_{\text{Од}} \rightarrow 1$ .

Между показателями защищенности (6) и (7) существует очевидная связь. Действительно, подставляя (1) в (7) при условии, что распределение  $p(\bar{s})$  доставляет максимум в (7), получим

$$C = \frac{1}{k} \max(H(S^k) - H(S^k | Z^l)) = \frac{H(S^k)}{k} - \Delta. \quad (8)$$

Для безызбыточного источника (8) приобретает вид

$$C = 1 - \Delta. \quad (9)$$

При использовании данного показателя необходимо иметь в виду, что невозможность декодирования сообщения в целом не означает невозможность правильного декодирования подблоков, которые сами по себе могут представлять интерес для незаконного пользователя. Кроме того, данный показатель не применим для оценки защищенности безызбыточных источников и источников детерминированных сообщений.

*Вероятность правильного приема блока.* Если предположить, что незаконному пользователю известен алгоритм оптимального декодирования подблока  $\bar{z}$  на выходе канала утечки, то средняя вероятность правильного декодирования блока будет определяться так же, как и для основного канала, т.е. выражением

$$P_{\text{ПД}} = \sum_{\bar{s}} p(\bar{s} = \bar{s}') \cdot p(\bar{s}), \quad (10)$$

где  $\bar{s}$  – информационный блок длиной  $k$  бит на выходе источника;  $\bar{s}'$  – декодированный информационный блок на выходе канала при оптимальном алгоритме декодирования.

На практике точный расчет вероятности правильного декодирования блока затруднен отсутствием информации о структуре подблоков и даже информации об их числе МК. Поэтому более полезным оказывается определение верхних и нижних границ вероятности правильного декодирования, имеющих непосредственную связь с информационным показателем защищенности – пропускной способностью канала утечки  $C$ . Нижняя граница (граница Галлагера) [3] для  $R_{\text{И}} < C$  определяется выражением

$$\underline{P}_{\text{ПД}} \geq \exp[-K(\max E(\rho, Q) - \rho R_{II})], \quad 0 \leq \rho \leq 1. \quad (11)$$

Верхняя граница (граница Аримото) [4] определяется выражением

$$\bar{P}_{\text{ПД}} \leq \exp[-K(\rho R_{II} + \min E(\rho, Q))], \quad -1 \leq \rho \leq 0, \quad (12)$$

где  $E(\rho, Q) = -\ln \sum_{\bar{z}} \left[ \sum_{\bar{s}} Q(\bar{s}) P(\bar{z} | \bar{s})^{\frac{1}{1+\rho}} \right]^{1+\rho}$  – функция Галлагера;

$P(\bar{z} | \bar{s})$  – переходные вероятности в канале утечки;  $Q(\bar{s})$  – распределение вероятностей входных  $\bar{s}$ -блоков;  $R_{II} = \frac{\ln M_K}{K}$  – скорость источника при его представлении блоками БК;  $\rho$  – произвольное число, выбираемое из условия максимума или минимума функции Галлагера.

Расчет границ Галлагера и Аримото может быть осложнен отсутствием данных о количестве блоков МК. Определенную сложность может представлять также определение матрицы переходных вероятностей. Эти задачи упрощаются, если блоки образуют множество типичных последовательностей, а их длина достаточно велика.

*Вероятность правильного приема отдельных символов.* Некоторые информационные символы на выходе декодера могут быть правильными, даже если имеет место ошибка декодирования блока. В случае избыточного источника это может привести к получению полезной информации незаконным пользователем. Поэтому показателями защищенности могут быть вероятность правильного декодирования отдельного  $i$ -го символа блока РПДС( $i$ ) или средняя вероятность правильного приема символов на выходе декодера  $\tilde{P}_{\text{ПДС}}$  :

$$P_{\text{ПДС}}(i) = \frac{1}{2^k} \sum_{j=1}^{2^k} P(\bar{s}_i = s_i^{(j)} | \bar{s}^{(j)}); \quad (13)$$

$$\tilde{P}_{\text{ПДС}} = \frac{1}{k2^k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{2^k} P(\bar{s}_i = s_i^{(j)} | \bar{s}^{(j)}), \quad (14)$$

где  $\bar{s}^{(j)}$  – было передано.

При оценке защищенности избыточного источника целесообразно использовать показатель пропускной способности канала утечки  $C$  (7). В этом случае, если источник имеет энтропию  $HS$ , то гарантией защищенности будет выполнение условия  $H_S > C$ , поскольку согласно теореме Шеннона–Вольфовица при неограниченном увеличении дли-

ны кода вероятность ошибочного декодирования будет в этом случае стремиться к единице.

Для оценки локальной защищенности избыточного источника, а также источника с фиксированным набором комбинаций целесообразно использовать показатель правильного приема блока. В некоторых случаях эта величина может быть оценена с помощью границ Галлагера и Аримото (11, 12). Кроме того, для оценки локальной защищенности избыточного источника могут использоваться вероятности правильного декодирования отдельного символа блока или средняя вероятность правильного приема символов на выходе декодера.

### Библиографический список

1. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон ; под ред. Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1963.
2. Яковлев, В. А. Защита информации на основе кодового зашумления. Ч. 1. Теория кодового зашумления / В. А. Яковлев. – СПб. : ВАС, 1993.
3. Галлагер, Р. Теория информации и надежная связь / Р. Галлагер. – М. : Сов. радио, 1974.
4. Аримото, С. Convers к теореме кодирования для Discrete Memoryless каналов / С. Аримото // IEEE. Перевод. THEORI. – 1973. – Т. 19, № 83.

### References

1. Shannon C. Works on information theory and cybernetics / ed. RL Dobrushina and OB Lupanova. – M. : Foreign Literature Publishing House, 1963.
2. Yakovlev V. A. Data protection on the basis of Code Jamming. Part 1. Theory co-dovogo noising. – S.-Pb : VAS, 1993.
3. Gallager R. Information Theory and reliable svyaz. – M. Owls. Radio, 1974.
4. Arimoto S. On the Convers to the Coding Theorem for Discrete Memoryless Channels // IEEE. Trans. On Inform., Theori. – 1973. – V. 19, № 83.



# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 004.9

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРМ ВРАЧА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Р. А. Куликов, Е. В. Стрыгина**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор С. В. Фролов**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: KulikovRoman.68.ru@yandex.ru)*

*Аннотация:* Предлагается автоматизированное рабочее место (АРМ) врача ультразвуковой диагностики, предназначенное для организации рабочего места врача УЗИ и являющееся оптимальным решением для создания благоприятных условий быстрой и эффективной работы сотрудников УЗИ-кабинетов.

*Abstract:* Offers automated workstation (AWS), a doctor of ultrasound diagnostics, designed to organize the workplace Medical ultrasonography and is the best solution for creating favorable conditions for a quick and effective employee ultrasound rooms.

*Ключевые слова:* АРМ, УЗИ, программно-аппаратный комплекс, протокол ультразвукового исследования, медицинских изображений, база данных, шаблоны УЗ-исследований, диагностические ситуации, исследования, медицинская документация.

*Keywords:* ARM, ultrasound, software and hardware, protocol ultrasound, medical imaging, database templates ultrasound studies, diagnostic situations, research, medical records.

В настоящее время протоколы ультразвуковых исследований в большинстве случаев пишутся врачами либо от руки, зачастую непонятным почерком, либо простым подчеркиванием необходимых фраз в заранее заготовленных бланках. Предлагаемые программные продукты по созданию протоколов УЗ-исследований в основном не отвечают требованиям врачей по учету всех стандартных диагностических ситуаций и заключений, по ведению архива и статистики проведенных обследований, а их стоимость превышает финансовые возможности государственных учреждений здравоохранения, особенно районных больниц и поликлиник.

Разработанный программно-аппаратный комплекс «Автоматизированное рабочее место врача ультразвуковой диагностики» обеспечивает создание протоколов результатов исследований с использованием

готовых шаблонов по 13 различным видам ультразвуковых обследований, ведение архива текстовых и графических результатов предыдущих исследований пациента, выполненных любым врачом с мгновенным последующим доступом, получение статистических данных за любой промежуток времени исследований, возможность сохранения медицинских изображений и кинопетли на компьютере с использованием аппаратуры аналогового захвата.

Протокол ультразвукового исследования является неотъемлемой частью медицинской документации и зачастую свидетельствует об уровне технической оснащенности лечебно-профилактического учреждения и профессионализма врачей. В программной части ПАК протоколы исследований представляют собой готовые шаблоны, построенные по принципу «всплывающих окон» (рис. 1). Эти шаблоны врач может самостоятельно изменять или создавать новые при помощи встроенного редактора шаблонов протоколов. Протокол – это интерактивный документ, в котором учтены практически все стандартные диагностические ситуации определенных исследований, над описанием которых трудился коллектив из 11 специалистов ультразвуковой диагностики лечебно-профилактических учреждений Тамбовской, Пензенской и Липецкой областей. Все это обеспечивает написание корректно оформленного и эстетичного протокола за короткое время.

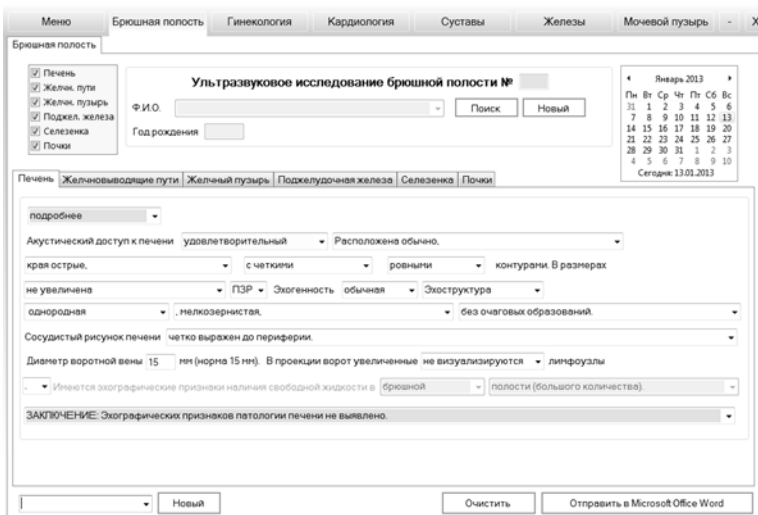


Рис. 1. Пример заполнения протокола по принципу «всплывающих окон»

Готовый набор шаблонов протоколов ультразвуковых исследований позволяет сразу приступить к работе, придерживаясь общепринятой концепции формирования протоколов. Для ускорения заполнения протокола здоровых пациентов существует возможность внесения готового шаблона «Норма» со статистически нормальными показателями исследуемого органа. Если же есть какие-либо отклонения от нормы, врач переключает на набор шаблонов «Подробно» и далее выбирает из «всплывающих окон» необходимые фразы. В случае появления нестандартных ситуаций либо необходимости более подробного описания результатов (как показали исследования, в основном это касается кардиологических исследований) в программной части есть возможность создания собственных шаблонов протоколов любой сложности, что позволяет врачу проявлять свою творческую индивидуальность. Всего в программной части представлены готовые шаблоны по исследованию печени, желчновыводящих путей, желчного пузыря, поджелудочной железы, селезенки, почек, суставов, желез, а также по гинекологическим и кардиологическим исследованиям.

Возможность оперативного сравнения результатов текущего и предыдущих исследований пациента повышает эффективность динамического наблюдения. Для каждого пациента предусмотрена возможность внесения дополнительной текстовой информации, которая не укладывается в формат протокола исследования. Таким образом, создается электронный архив результатов ультразвукового исследования, который может быть сохранен на сервере учреждения. Также возможность использования текстового редактора позволяет реализовать функцию печати медицинских изображений на одном листе с протоколом, что придает последнему большую информативность и эксклюзивный вид, а также исключает использование дорогостоящей термобумаги и термопринтера (рис. 2).

Аппаратная часть комплекса состоит из ультразвукового сканера, компьютера с любыми версиями ОС Windows и предустановленным пакетом Microsoft Office, а также устройства видеозахвата (AverMedia, IconBit и Pinnacle и им подобные), предназначенные для импорта диагностического изображения и видеофрагментов в программу протоколов. Также есть возможность передачи изображений через цифровой интерфейс IEEE 1394, со сканера через интерфейс TWAIN либо экспорт сохраненных файлов из папки сканера с помощью FLASH-накопителя.

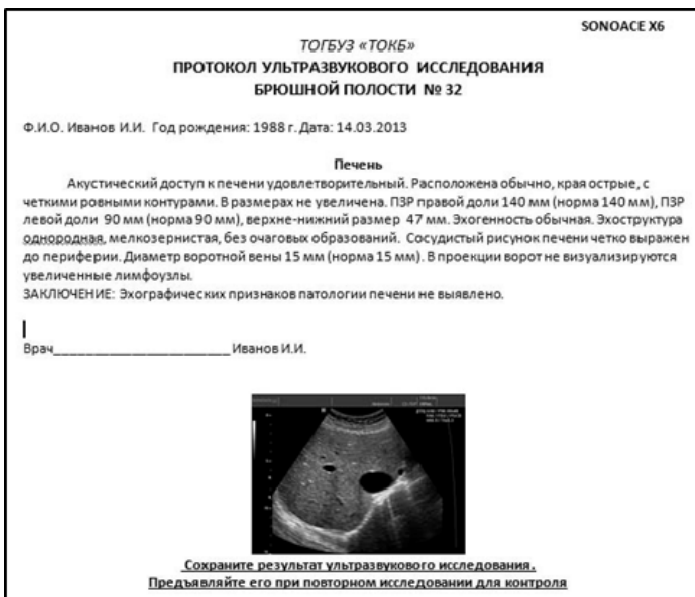


Рис. 2. Пример протокола УЗИ печени в «норме»

Архивирование и печать изображений вместе с протоколом исследования значительно повышает наглядность диагностической ситуации. Кроме статичных изображений в программе могут быть сохранены и динамические (ультразвуковые кинопетли) в формате \*.avi, с поддержкой всех установленных в системе кодеков.

В процессе работы создается база данных, в которой хранится исчерпывающая информация обо всех проведенных исследованиях. Данные для ежемесячного и годового отчета, а также произвольно выбранного промежутка времени врач получает нажатием одной кнопки. Возможен поиск по всем учитываемым демографическим данным пациента, видам исследования и заключениям, а также параметрам, которые врач может создать самостоятельно. Полученные результаты могут быть представлены в виде простых таблиц и экспортируются в стандартном формате в MS Word (рис. 3).

Таким образом, разработанный программно-аппаратный комплекс обеспечивает ускоренную автоматизацию создания наглядных и понятных протоколов УЗ исследований с автоматическим сохранением их и графических материалов в архиве ЛПУ, а также получение статистических данных за любой промежуток времени.



**Рис. 3. Статистика исследований за произвольный промежуток времени**

Разработанный программно-аппаратный комплекс проходит апробацию в ряде лечебно-профилактических учреждений г. Тамбова, а именно: ТОГБУЗ «Тамбовский областной противотуберкулезный диспансер», «Поликлиника ФСБ Тамбовской области», «Поликлиника больницы УВД Тамбовской области», Медицинский центр «Галиум», а также частные кабинеты УЗИ г. Тамбова и области. Проведенные исследования показали, что комплекс действительно упрощает работу, экономит время и снижает вероятности ошибок врача ультразвуковой диагностики. По словам специалистов, при использовании данного программно-аппаратного комплекса время приема сокращается в 1,5–2 раза.

### Библиографический список

1. Мазер, Г. Я. Экономика машиностроения : учебное пособие / Г. Я. Мазер, М. А. Мхитарян. – Издательство МГОУ, 2008. – 331 с.
2. Бизнес-Инкубатор ФГБОУ ВПО «ТГТУ» «ИННОВАТИКА». – URL : <http://innovatika.web.tstu.ru/index.html>.

### References

1. Mather, G. Y. Engineering Economics : Textbook / G. Y. Mather, M. A. Mkhitarian. – MGOU Publishing, 2008. – 331 p.
2. Business Incubator VPO «TSTU» «Innovation». – URL : <http://innovatika.web.tstu.ru/index.html>.

УДК 004.891.3

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА-МАММОЛОГА**

**П. И. Карасев**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)633926, e-mail: karasevpav@rambler.ru)*

*Аннотация:* Рассматривается построение программного комплекса, предназначенного для распознавания патологии молочной железы на рентгеновском снимке пациента и позволяющего повысить качество медицинского обслуживания населения. Процесс распознавания патологии и принятия решений основан на разработанном подходе, который основан на применении методов контурного анализа, нечеткой кластеризации и нейронных сетей.

*Abstract:* The construction of software system designed to detect a breast x-ray to the patient and to improve the quality of health care. The process of identification of pathology and decision-making is based on the approach developed that is based on the use of methods of contour analysis, odd clustering and neural networks.

*Ключевые слова:* распознавание образов, маммография, гистограмма изображений, обработка изображений, нейронные сети, нечеткая кластеризация.

*Keywords:* pattern Recognition, mammography, the image histogram, image processing, neural networks, fuzzy clustering.

Ежегодно в мире регистрируется более 1 млн. новых случаев рака молочной железы. В структуре онкологической заболеваемости женщин он стоит на первом месте и на втором месте по смертности от рака женщин. По наблюдению специалистов, предрасположенность к раку молочной железы обусловлена не только проживанием в определенных природно-климатических зонах, но и проживанием в определенных странах, а именно – высоко цивилизованных, индустриально развитых государствах. Главным оружием в борьбе против рака груди служит диагностика болезни на ранней стадии с помощью обследования женщин на рентгеновском аппарате-маммографе.

Программный комплекс поддержки принятия решения врача маммолога основан на нейросетевых технологиях, использует методы контурного анализа и нечеткой кластеризации. Кроме того, использует-

ся технология параллельных вычислений для ускорения процесса обучения и распознавания. При помощи данного программного комплекса можно производить распознавание объектов на изображении, в данном случае распознавание патологии молочной железы на рентгеновском снимке. Имеется возможность производить распознавание, как одного снимка, так и производить массовое распознавание множества снимков. Изображения сортируются на три группы, а именно имеющие подзрение на злокачественные новообразования, доброкачественные новообразования и изображения, на которых патологий не замечено.

Предложен новый подход, который является комбинацией сразу нескольких существующих решений.

Теория распознавания образов – раздел информатики и смежных дисциплин, развивающий основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций и т.п. объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Такие задачи решаются довольно часто, например, при переходе или проезде улицы по сигналам светофора. Распознавание цвета загоревшейся лампы светофора и знание правил дорожного движения позволяют принять правильное решение о том, можно или нельзя переходить улицу [1].

Интегральное представление изображения – это матрица, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Использование интегрального представления является возможностью очень быстро вычислить сумму пикселей произвольного прямоугольника [2].

Кластеризация (или кластерный анализ) – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться похожие объекты, а объекты разных групп должны быть как можно более отличны. Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма. Используется для разбиения цифрового изображения на отдельные области с целью их распознавания [3].

Параллельные вычисления – способ организации компьютерных вычислений, при котором программы разрабатываются как набор взаимодействующих вычислительных процессов, работающих параллельно (одновременно). Используется для ускорения обучения нейронной сети. Теория параллельных вычислений составляет раздел прикладной теории алгоритмов [4].





**Рис. 1. Технологии данного программного комплекса**

Предлагается подход к сегментации изображений, основанный на модификации алгоритма нечеткой классификации за счет использования информации о пространственном расположении, которая задается с помощью априорной вероятности. Вероятность определяет пространственное влияние соседних пикселей на пиксель в центре, что возможно смоделировать с помощью механизма нечеткой принадлежности. Новая нечеткая принадлежность текущего центрального пикселя пересчитывается в отношении вероятности, полученной ранее. Алгоритм основан на гистограмме, полученной с помощью алгоритма нечеткой классификации, что способствует ускорению сходимости метода. Основная идея предложенного подхода заключается в том, что нормаль сначала вычисляется с помощью метода главных компонент, а затем точки используются или не используются в соответствии с результатом, полученным с помощью нечеткой лингвистической модели.

Программный комплекс будет развернут в мобильной лаборатории, что позволит использовать его прямо на месте и это даст возможность направлять пациентов на дальнейшие обследования, если это необходимо. Он позволяет распознавать новообразования на рентгеновских снимках женских молочных желез. На данный момент в программном комплексе реализованы следующие возможности.

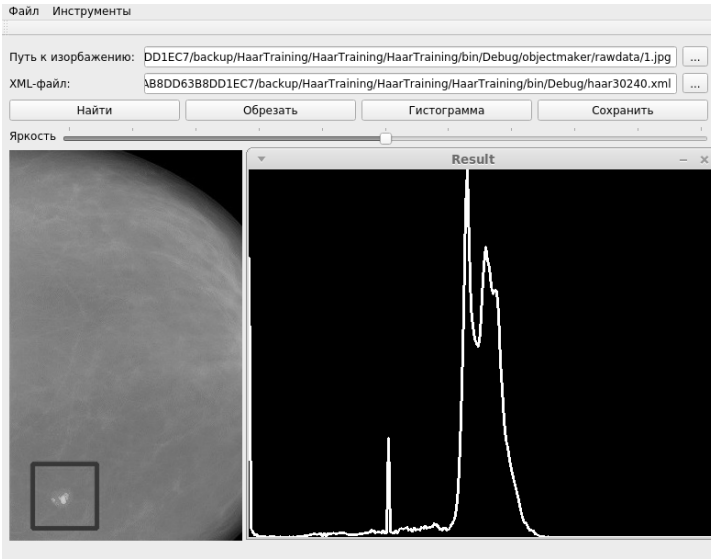


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса

На данном изображении показан результат детектирования объекта на изображении, а также процесс обрезки изображения, и гистограмма этого изображения, по которой можно вычислить плотность яркости изображения, что позволит врачу поставить верный диагноз.

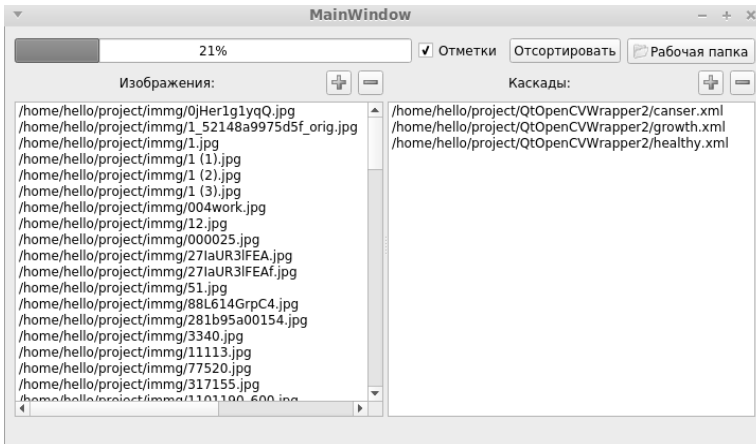


Рис. 3. Распознавание образов и анализ множества снимков

На данном изображении показана функция массовой обработки множества снимков и разделения их на три группы, а именно изображения, имеющие подозрение на рак, изображения, имеющие подозрение на доброкачественное новообразование, и изображения, не имеющие патологий.

Данный программный комплекс позволит повысить качество диспансеризации пациентов, а также снизить время на обследование каждого из них, что позволит обслужить большее количество пациентов.

В ближайшем времени будет реализована кроссплатформенная база данных пациентов для этого приложения.

### Библиографический список

1. Теория распознавания образов URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_распознавания\\_образов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_распознавания_образов) (дата обращения 14.09.2015).
2. Численные методы в информационных системах [электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский, Ю. Ф. Мартемьянов, М. Ю. Серегин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 136 с.
3. Системный анализ в информационных технологиях [электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский, С. В. Данилкин, Д. П. Швец. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 176 с.
4. Искусственные нейронные сети URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственные\\_нейронные\\_сети](https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственные_нейронные_сети) (дата обращения 14.09.2015).

### References

1. Teoria rasposnanania obrasov URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Pattern\\_recognition](https://ru.wikipedia.org/wiki/Pattern_recognition) (date of the application 14.09.2015).
2. Chislennie metodi v informacionnih sistemah [electronic resource]: ucheb. pos. / Gromov Y. Y., Ivanova O. G., Ivanovskiy M. A., Martemianov Y. F., Seregin M. Y. – Tambov : Isd-vo FGBOU VPO «TSTU», 2012. – 136 s.
3. Systemnii analys v informacionnih tehnologiah [electronic resource]: ucheb. pos. / Gromov Y. Y., Ivanova O. G., Ivanovskiy M. A., Danilkin S. V., Shvec D. P. – Tambov : Isd-vo FGBOU VPO «TSTU», 2012. – 176 s.
4. Iskustvennie neironnie seti URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_neural\\_network](https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network) (date of the application 14.09.2015).

УДК 544.77.051.1

## **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

**И. М. Манаенков**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89158733200, mail: FrOksOsP@mail.ru)*

*Аннотация:* Развитие сетевых компьютерных технологий привело к появлению лабораторного практикума, реализуемого в режиме удаленного доступа к реальному оборудованию. Учитывая, что реализация удаленного доступа к реальному оборудованию связана с решением ряда проблем, данная технология имеет достаточно много оппонентов. Тем не менее, она тоже имеет свое право на существование, а в ряде случаев имеет очевидные преимущества перед ВЛП. С одной стороны, современные компьютерные технологии имитационного моделирования позволяют создавать виртуальные интерфейсы реального лабораторного оборудования, воспроизводящие и внешний вид, и его параметры с очень высокой точностью

*Abstract:* Development of network computer technology has led to laboratory practical, realizable remote access to real equipment. Given that the implementation of remote access to real hardware related to the solution of some problems, this technology has a lot of opponents. However, she also has a right to exist, and in some cases has obvious advantages over VLP. S one hand, advanced computer simulation technology can create virtual interfaces of the real laboratory equipment, reproduce and appearance, and its parameters are very high accuracy

*Ключевые слова:* удаленный доступ, ВЛП, имитационное моделирование, виртуальный интерфейс

*Keywords:* remote access, VLP, simulation, virtual interface

Развитие информационных технологий привело к появлению понятия «виртуальный лабораторный практикум» (ВЛП), в основе которого лежит имитационное компьютерное моделирование. Основные способы использования ВЛП в учебном процессе:

– в качестве компьютерного «тренажера» для подготовки к выполнению практикума в реальной лаборатории (при этом про-

граммы компьютерного и физического экспериментов, как правило, одинаковы);

– как дополнение к реальному практикуму, предусматривающее такие компьютерные эксперименты, которые по различным причинам (техническим, финансовым, организационным и т.п.) не могут быть реализованы на физическом оборудовании.

Использование ВЛП в качестве компьютерного «тренажера» позволяет обучающемуся лучше подготовиться к проведению физического эксперимента, глубже уяснить исследуемые эффекты, приобрести навыки работы с измерительными приборами (в случае, если виртуальный практикум включает компьютерные модели измерительных приборов, близкие по своим свойствам к свойствам реальных приборов). Обычно такой подход можно рекомендовать для студентов заочно-дистанционной формы обучения, поскольку он не только способствует лучшему усвоению изучаемого материала, но и позволяет сократить продолжительность выполнения практикума в реальной лаборатории в период пребывания в стенах учебного заведения. Если ВЛП используется как дополнение к реальному практикуму, то он должен быть ориентирован на проведение исследований повышенного уровня сложности или исследований, требующих дорогостоящего оборудования, которым не располагает университет.

На рис. 1 показана сфера применения виртуальных лабораторий, включающая в себя несколько больших областей



Рис. 1. Сфера виртуальной лаборатории

Виртуальные лаборатории позволяют устранить еще один недостаток традиционного способа обучения – это отдельное проведение лекционных и лабораторных работ, как по времени, так и по теме. В большинстве случаев лабораторные работы (особенно по естественным дисциплинам) назначаются не с позиции сохранения последовательности изложения тем по лекционным занятиям, а с точки зрения доступности (работоспособности или незанятости) лабораторного стенда. Виртуальные лабораторные работы также можно демонстрировать во время лекции, т.е. в дополнение лекционных материалов. При этом достигается не только последовательность изучаемых тем по дисциплине, но устраняется временной барьер между лекционными и лабораторными занятиями, что способствует повышению эффективности и качества обучения.

Эффективное применение виртуальных лабораторий в образовательном процессе способствует не только повышению качества образования, но и экономии огромных финансовых (валютных) ресурсов, создают безопасную, экологически чистую среду. Внедрение виртуальных лабораторий требует комплексного подхода, как со стороны образовательных структур, так и производственных и других государственных структур.

Разработка, внедрение и совершенствование информационных технологий (виртуальных лабораторий, компьютерных лабораторных тренажеров, мастерских) в нашем XXI веке – веке глобализации и компьютеризации, перестали быть технологиями завтрашнего дня, и несомненно внесут свой достойный вклад в формирование информационного общества в нашей стране.

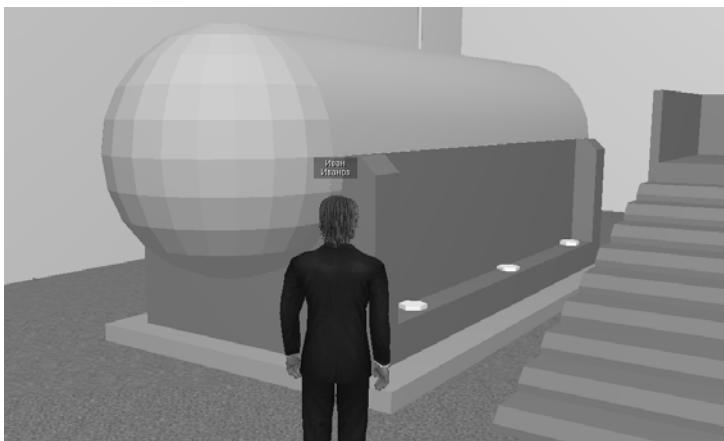
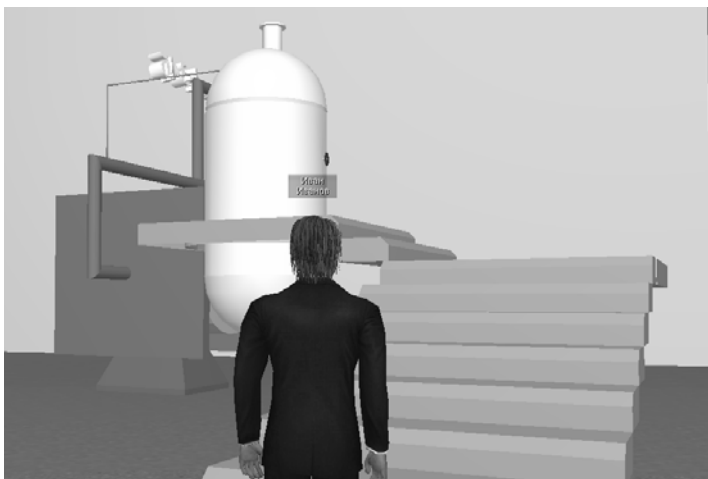


Рис. 2. Фрагмент отделения номер 1



**Рис. 3. Фрагмент отделения номер 2**

*Рассмотрим пример некоторых установок диспергатора марки Б. Диспергатор НФ, марки Б* представляет собой смесь полимерных соединений, получающихся в процессе конденсации сульфокислот нафталина с последующей нейтрализацией раствором аммиачной воды.

*Диспергатор НФ марки Б* выпускается в виде раствора.

Данные модели были спроектированы автором доклада и загружены в программу vAcademia.

Данная работа выполнялась под руководством В. А. Немтинова.

### **Библиографический список**

1. Соловов, А. В. Виртуальные учебные лаборатории в инженерном образовании / А. В. Соловов // Индустрия образования : сб. ст. – М. : МГИУ, 2002. – Вып. 2. – С. 386 – 392.

2. Норенков, И. П. Информационные технологии в образовании / И. П. Норенков, А. М. Зимин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 352 с.: ил. (Сер. Информатика в техническом университете.).

3. Технологии использования различных программных сред при моделировании объектов исторического наследия / А. М. Манаенков, В. В. Морозов, В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова // Информационное общество. – 2013. – № 3. – С. 58 – 61.

4. Немтинов, В. А. Создание виртуальной лаборатории технологического оборудования в среде VIRTUAL ACADEMIA / В. А. Немти-

нов, И. М. Манаенков // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – С. 279 – 282.

5. Немтинов, В. А. Виртуальное моделирование объектов культурно-исторического наследия с использованием ГИС-технологий / В. А. Немтинов, А. М. Манаенков, В. В. Морозов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17.

6. Образовательный виртуальный мир vAcademia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vacademia.com/wiki/doku.php>.

### References

1. Solovov, A. V. Virtual'nye uchebnye laboratorii v inzhenernom obrazovanii. Sbornik statej «Industrija obrazovanija». Vypusk 2. – M. : MGIU, 2002. – S. 386 – 392.

2. Norenkov I. P., Zimin A. M. Informacionnye tehnologii v obrazovanii. – M.: Izd-vo MGTU im. N.IE. Baumana, 2004. – 352 s.: il. (Ser. Informatika v tehničeskom universitete.).

3. Tehnologija ispol'zovanija razlichnyh programmyh sred pri modelirovanii ob#ektov istoričeskogo nasledija / A. M. Manaenkov, V. V. Morozov, V. A. Nemtinov, JU. V. Nemtinova // Informacionnoe obshhestvo. – 2013. – № 3. S. 58 – 61.

4. Nemtinov, V. A. Sozdanie virtual'noj laboratorii tehnologičeskogo oborudovanija v srede VIRTUAL ACADEMIA / V.A. Nemtinov, I.M. Manaenkov // Virtual'noe modelirovanie, prototipirovanie i promyshlennyj dizajn : materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii pod obshh. red. d-ra tehn. nauk, prof. V. A. Nemtinova. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. s.279-282.

5. Nemtinov, V. A. Virtual'noe modelirovanie ob#ektov kul'turno-istoričeskogo nasledija s ispol'zovaniem GIS-tehnologij / V. A. Nemtinov, A. M. Manaenkov, V. V. Morozov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2011. – Т. 17,

6. Obrazovatel'nyj virtual'nyj mir vAcademia [JElektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://vacademia.com/wiki/doku.php>.



# **ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**

УДК 004.9

## МЕХАНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**О. И. Малявко**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)630706, e-mail: kokrozubav@yandex.ru)*

*Аннотация:* Описана структура электронной книги Mathcad для механических расчетов технологического оборудования.

*Abstract:* The structure of the e-book Mathcad calculations for mechanical processing equipment.

*Ключевые слова:* технологическое оборудование, механические расчеты, виртуальный кабинет.

*Keywords:* technological equipment, mechanical calculations, a virtual office.

В Тамбовском государственном техническом университете на протяжении ряда лет успешно эксплуатируется виртуальный кабинет курсового и дипломного проектирования «Конструирование технологического оборудования» [1 – 3]. Под виртуальным кабинетом понимается информационная система, предназначенная для студентов, изучающих специализированные учебные курсы по устройству, методам расчета и методам конструирования технологического оборудования.

В рамках кабинета разработаны книги и примеры механических расчетов элементов технологического оборудования. Механические расчеты одна из обязательных стадий разработки конструкторской документации технологического оборудования. Правильность этих расчетов определяет нормальную эксплуатацию конструируемого объекта в течение заданного промежутка времени в заданных технологических условиях.

Несмотря на развитие математического и программного обеспечения такого универсального метода, как метод конечных элементов, механические расчеты элементов технологического оборудования в Российской Федерации необходимо проводить в соответствии с нормативными документами.

В настоящее время существует несколько коммерческих программ, например PVP Design [4] или ПАССАТ [5], которые позволяют выполнять механические расчеты технологического оборудования в соответствии с ГОСТ Р серии 52857. Они достаточно удобны, имеют неплохой графический интерфейс и позволяют выводить результаты в различных форматах, например doc, в форме, которая удовлетворяет

конструкторов. Вместе с тем эти программы не раскрывают алгоритм расчета и не могут быть использованы для обучения студентов. Наиболее удобным в плане совместного обучения технологиям механических расчетов и проведения самих расчетов является известная система MatchCad, которая предназначена для математических расчетов [6, 7].

В настоящее время в виде книг в формате MatchCad реализованы следующие стандарты механических расчетов технологического оборудования:

- ГОСТ Р 52857.1–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования;
- ГОСТ Р 52857.2–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек выпуклых и плоских днищ и крышек;
- ГОСТ Р 52857.3–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер;
- ГОСТ Р 52857.4–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений;
- ГОСТ Р 52857.5–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок;
- ГОСТ 52857.6–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках;
- ГОСТ Р 52857.7–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты;
- ГОСТ Р 52857.8–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками;
- ГОСТ Р 52857.9–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение напряжений в местах пересечений штуцеров с обечайками и днищами при воздействии давления и внешних нагрузок на штуцер;
- ГОСТ Р 52857.10–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты, работающие с сероводородными средами;
- ГОСТ Р 52857.11–2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек;
- РДРТМ 26-01-72–82. Расчет валов вертикальных аппаратов с перемешивающими устройствами. Методы расчета;

- ГОСТ Р 51274–99. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность;
- ГОСТ Р 51273–99. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий.

Эти книги вызываются из общего меню (рис. 1).



Рис. 1. Меню вызова электронных книг механических расчетов элементов технологического оборудования

Кроме того, существует книга примеров, в которой содержатся механические расчеты всех элементов отдельного аппарата, в которой кроме расчетов имеется чертеж конструируемого аппарата в формате easm (векторный формат, для визуализации которого используется свободно распространяемая программа EDrawing).

### Библиографический список

1. Мокрозуб, В. Г. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» / В. Г. Мокрозуб, А. А. Борисяк, Е. С. Егоров // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – № 10. – Режим доступа : <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (дата обращения 07.09.2015).

2. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем : монография / В. А. Немтинов [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г. Р. Державина, 2011. – 282 с.

3. Мокрозуб, В. Г. Интеллектуальные информационные системы автоматизированного конструирования технологического оборудования / В. Г. Мокрозуб. – Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011. – 128 с.

4. PVP DESIGN: пакет прикладных программ для расчета сосудов и аппаратов, работающих под давлением [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=566978> – Загл. с экрана.

5. ПАССАТ. Расчет конструкций сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.truboprovod.ru/cad/soft/passat.shtml> – Загл. с экрана.

6. Малыгин, Е. Н. Система автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

7. Разработка прототипа виртуальной модели учебно-материальных ресурсов университета химико-технологического профиля / В. А. Немтинов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 3(47). – С. 321 – 330.

### References

1. Mokrozub, V. G. 77-30569/227902 Virtual'nyj kabinet «Konstruirovaniye tehnologicheskogo oborudovaniya» / V. G. Mokrozub, A. A. Borisjak, E. S. Egorov // Nauka i obrazovanie. MGТУ im. N. E. Bauman. Jelektron. zhurn. – 2011. – № 10. – Rezhim dostupa : <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (data obrashheniya 07.09.2015).

2. Metody i algoritmy sozdaniya virtual'nyh modelej himiko-tehnologicheskikh sistem : monografija / V. A. Nemtinov [i dr.]. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. un-ta im. G. R. Derzhavina, 2011. – 282 s.

3. Mokrozub, V. G. Intellektual'nye informacionnye sistemy avtomatizirovannogo konstruirovaniya tehnologicheskogo oborudovaniya. – Tambov : Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2011. – 128 s.

4. PVP DESIGN: paket prikladnyh programm dlja rascheta sosudov i apparatov, rabotajushhih pod davleniem [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=566978> – Zagl. s jekrana.

5. PASSAT. Raschet konstrukcij sosudov i apparatov na prochnost' i ustojchivost' [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.truboprovod.ru/cad/soft/passat.shtml> – Zagl. s jekrana.

6. Cistema avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya himicheskogo oborudovaniya / E. N. Malygin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnjanskij // Informacionnye tehnologii. – 2000. – N 12. – S. 19 – 21.

7. Razrabotka prototipa virtual'noj modeli uchebno-material'nyh resursov universiteta himiko-tehnologicheskogo profilja / V. A. Nemtinov i dr. // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – N 3(47). – S. 321 – 330.

**КОНСТРУИРОВАНИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЯ  
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

УДК 004.9

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВОЗДЕЙСТВИЯ СИНУСОИДАЛЬНЫМИ ТОКАМИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА ФИЗИОТЕРАПИИ «АМПЛИПУЛЬС»**

**Н. И. Агафонова<sup>1</sup>, К. С. Савинова<sup>2</sup>,  
научный руководитель к.т.н., доцент Т. А. Фролова**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: agafonova.natalya.2011@yandex.ru).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: savinova.k94@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрен принцип действия синусоидальными токами на организм, приведена структурная схема аппарата, проведен сравнительный анализ с аналогичными аппаратами, рассмотрены перспективы развития воздействия синусоидальными модулированными токами.

*Abstract:* The principle of action of sinusoidal currents in the body, is a block diagram of the device, a comparative analysis with analogichnymi devices, the prospects for the development of the impact of sinusoidal modulated currents.

*Ключевые слова:* физиотерапия, синусоидальные модулированные токи, сравнительный анализ, перспективы развития.

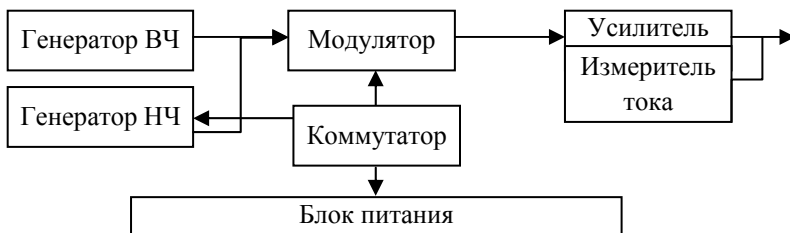
*Keywords:* physiotherapy, sinusoidal modulated currents, comparative analysis, development prospects.

Амплипульстерапия – один из методов электротерапии, основанный на использовании с лечебно-профилактическими и реабилитационными целями синусоидальных модулированных токов.

Терапия синусоидальными модулированными токами звуковой частоты «Амплипульсами» высокоэффективна при многих заболеваниях нервной системы, сопровождающихся болями, двигательными нарушениями и расстройством чувствительности [1].

Прибор вырабатывает либо непрерывные модулированные колебания, либо серии таких колебаний. Серии могут прерываться паузами, сериями немодулированных колебаний или сериями колебаний, модулированных другой частотой. Благодаря электродам проходящий ток достигает основного патологического очага. Electrodes имеют размеры и формы, соответствующие величине и образу болевых участков или патологического очага.





**Рис. 1. Структурная схема аппарата «Амплипульс-4»**

Достоинством этого устройства являются портативность и простота использования.

Аппарат «Амплипульс-4» генерирует синусоидальные модулированные токи, обладающие болеутоляющим и противовоспалительным действием, улучшающие кровообращение и трофику тканей, деятельность многих органов и систем, вызывающие сокращение мышц.

Генератор высокой частоты генерирует напряжение синусоидальной формы частотой 5 кГц. Генератор низкой частоты генерирует напряжение синусоидальной формы фиксированных частот: 30; 50; 70; 100; 150 Гц. В модуляторе напряжение частотой 5 кГц модулируется напряжением низкой частоты. На усилитель с двухтактным выходом поступает модулированное напряжение, потом на цепь пациента. Для получения различного рода работы переключение производится соответствующими цепями, при помощи электронного коммутатора.

На аппаратах такого типа параметры тока зависят от выраженности болевого синдрома: для лечения в различных комбинациях используют I, III, IV рода работы; чем острее боль, тем большую частоту и меньшую глубину модуляции используют в методиках лечения [2].

Рассмотрены четыре аналогичных аппарата: Аппарат РЕФТОН-01-ФС (Республика Беларусь), аппарат для комбинированной терапии – INTELECT ADVANCED Combo (США), аппарат низкочастотной физиотерапии АФТ СИ (Россия), аппарат амплипульстерапии элэскулап (Россия).

В ходе работы был проведен анализ сравнения, полученные данные записаны в табл. 1.

В результате сравнения технических характеристик видно, что самым эффективным аппаратом является аппарат низкочастотной физиотерапии АФТ СИ, производства России. Аппарат нового поколения, имеет разнообразные режимы и модуляции токов несущей частоты, является самым эффективным и самым лучшим из представленных аппаратов.

### 1. Сравнительная таблица технических характеристик

	«Ампли-пульс-4»	АФТ СИ (Россия)	Элэскулап (Россия)	INTELECT ADVANCED Combo, США	РЕФТОН-01-ФС Беларусь
Частоты модуляции, Гц	30,50, 70, 80, 100, 150	10...150 дискретность 10 Гц	5, 10, 20, 50, 80, 100, 150	–	1, 2, 3, 4, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150
Габаритные размеры	389×173×393	200×120×80	250×200×100	330×240×290	300×270×130
Глубина модуляции, %	0; 50; 75; 100	0, 25, 50, 75, 100, более 100	0, 25, 50, 75, 100	–	0, 25, 50, 75, 100, 125 (режим пере-модуляции)
Потребляемая мощность, Вт	40	12	50	100...240	100
Вес, кг	7,5	0,4	3	3,2	2,3
Цена, р	5800	52 000	14 300	6000	22 360

Физиотерапия активно развивается. На сегодняшний день существует масса различных методов, которые позволяют благотворно влиять как на организм в целом, так и на локальные проблемные места.

#### Библиографический список

1. Гусев, В. Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него : учебное пособие / В. Г. Гусев. – М. : Машиностроение, 2004. – 596 с.
2. Клячкин, Л. М. Физиотерапия : учебное пособие / Л. М. Клячкин, М. Н. Виноградова. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М. : Медицина, 1995. – 240 с.

#### References

1. Gusev, V. G. Getting information about the parameters and characteristics of the body and physics-cal methods of influence on him: Textbook / V. G. Gusev. – M. : mechanical engineering-set, 2004. – 596 with.
2. Klyachkin, L. M. Vinogradov, M. N. Fizioterapiya: Textbook / L. M. Klyachkin, M. N. Vinogradov ed. 2nd revised and enlarged – M. : Medicine, 1995. – 240 p.

УДК 004.9

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОТОМЕТРА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО

**К. С. Савинова<sup>1</sup>, Н. И. Агафонова<sup>2</sup>,**  
**Научный руководитель к.т.н., доцент Т. А. Фролова**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: savinova.k94@mail.ru).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: agafonova.natalya.2011@yandex.ru).*

*Аннотация:* Разработана конструкторская документация фотометра фотоэлектрического «КФК-3». Рассмотрена классификация приборов фотометрии. Приведено теоретическое описание фотометра фотоэлектрического «КФК-3», приведен сравнительный анализ между «КФК-3» и его аналогами.

*Abstract:* The design documentation of the photoelectric photometer «KFK-3». The classification of instruments photometry. The theoretical description of the photoelectric photometer «KFK-3», it is given a comparative analysis between the «KFK-3» and its analogues.

*Ключевые слова:* фотометрия, фотометр, оптика, спектрофотометр, фотоколориметр, спектральное разрешение.

*Keywords:* photometry, photometer, optics, spectrophotometer, photocolorimeter, spectral resolution.

Под *фотометрией*, в широком смысле слова, понимают раздел оптики, изучающей энергетические и световые характеристики и параметры излучения в процессах его распространения от источника до приемника излучения.

В настоящее время для определения содержания концентрации различных веществ в растворах и определения параметров биологических сред в них широкое применение в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, медицины и для мониторинга окружающей среды находят фотоэлектрические фотометры.

Нами была разработана конструкторская документация фотометра фотоэлектрического «КФК-3».

Приборы данного типа предназначены для измерения спектрального коэффициента направленного пропускания (СКНП), оптической

плотности прозрачных жидкостных растворов, а также для определения скорости изменения оптической плотности и концентрации веществ в растворах.

Фотометры являются приборами массового спроса и предназначены для:

- оснащения клиничко-диагностических лабораторий лечебно-профилактических учреждений, поликлиник и других медицинских учреждений с целью автоматизации процесса проведения биохимических исследований плазмы, крови, при диагностике заболеваний, профилактических осмотрах, оценке эффективности лечебных мероприятий;

- применения в сельском хозяйстве с целью определения плодородия почв, качества, эффективности и безопасности кормов, состава продуктов сельского хозяйства;

- использования на предприятиях водоснабжения;

- проведения контроля на АЭС;

- применения в металлургической, химической, пищевой промышленности и других отраслях. [1, 2]

Классификацию приборов фотометрии можно разделить на три группы.

1. *Классификация по спектральным характеристикам оптического излучения:*

а) Фотометрические – методы, применяющие для исследования световой поток с широким диапазоном длин волн.

б) Спектрофотометрические – методы, использующие световой поток с узким диапазоном длин волн  $\Delta\lambda < 10$  нм).

2. *Классификация по виду взаимодействия вещества с излучением:*

а) Абсорбционная фотометрия – методы изучающие поглощение светового потока при его прохождении через биообъект.

б) Нефелометрия – методы изучающие рассеивание света в объеме.

в) Турбидиметрия – метод анализа мутных сред, основанный на измерении интенсивности света, прошедшего через исследуемый объект.

г) Рефлектометрия – метод анализа, основанный на измерении интенсивности света, отраженного от исследуемого объекта.

д) Эмиссионная фотометрия – методы, изучающие излучение света веществом.

е) Люминисцентная фотометрия – методы, изучающие собственное свечение вещества при его возбуждении различными способами.

3. *Классификация методов по объектам исследования:*

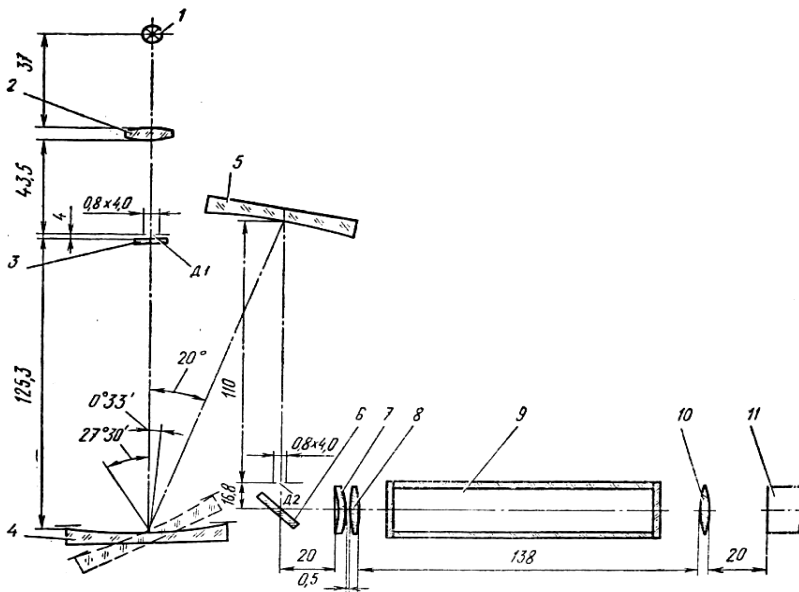
а) Методы исследования биопробы и жидкости (аналитические).

б) Методы, предназначенные для исследования организма. [3].

Фотометр фотоэлектрический «КФК-3» устроен следующим образом (рис. 1).

Нить лампы 1 изображается конденсором 2 в плоскости входной щели Д1, заполняя ее светом. Далее входная щель изображается вогнутой дифракционной решеткой 4 и вогнутым зеркалом 5 в плоскости выходной щели Д2. Вращая дифракционную решетку вокруг оси, параллельной ее штрихам, выделяют выходной щелью излучение в узких спектральных интервалах в диапазоне от 315 до 990 нм.

Объектив 7, 8 изображает с увеличением выходную щель перед линзой 10. Линза 10 создает в плоскости фотоприемника 11 световое пятно.



**Рис. 1. Схема оптическая принципиальная КФК-3:**

1 – нить лампы; 2 – конденсор; 3 – световой фильтр; 4 – вогнутая дифракционная решетка; 5 – вогнутое зеркало; 6 – дифракционная решетка; 7, 8 – объектив; 9 – кюветы; 10 – линзы; 11 – приемник

Для уменьшения рассеянного излучения при работе в диапазоне длин волн 315...400 нм после входной щели автоматически вводится (а затем автоматически выводится) светофильтр 3.

В кюветное отделение (между объективом 7, 8 и линзой 10) устанавливаются прямоугольные кюветы 9 [2].

В таблице 1 приведен сравнительный анализ между КФК-3 и его аналогами. [4]

### 1. Сравнительный анализ между фотометром фотоэлектрическим КФК-3 и его аналогами

Показатели	Фотометр КФК-3	Спектро-фотометр Helios Delta	Спектро-фотометр ПЭ-5300В	Микрофото-колориметр МКМФ-02М
Диапазон длин волн, нм	315...990	325...1100	325...1000	340...650
Спектральное разрешение, нм	7	2	4	Не указано
Вес, кг	не более 15	10	8	4...5
Габариты, мм	Не более 500×360×165	455×395×215	480×360×160	305×270×90
Точность установления длины волны, нм	±3	±1,0	± 2	Не указано
Диапазон измерений	0,1...100%	0...100%	0...1,999 0...125% Т	Не указано
Точность измерений	±0,5%	±1,0	±1% Т	±1,5%
Источник света	Лампа галогенная КГМ 12-10	Лампа вольфрамовая галогеновая	Галогенная лампа	Не указано
Производство	Россия	Thermo Electron, США	«ПромЭкоЛаб», Россия	Россия
Цена	От 41 500 р.	По запросу	От 36 000 р.	От 32 000 р.

Спектрофотометр Helios Delta (США). Спектрофотометры данной серии являются идеальным выбором для решения любых рутинных задач и УФ-видимой спектроскопии.

Все приборы имеют встроенный экран, клавиатуру и встроенное программное обеспечение для регистрации спектров, количественного анализа, многокомпонентного анализа и изучения кинетики.

Спектрометры Helios могут также управляться с компьютера с помощью программного пакета Vision lite, работающего в среде Windows 98, 2000, ME, NT. [5]

Спектрофотометр ПЭ-5300В является улучшенным аналогом отечественного прибора КФК-3. [6]

Микрофотоколориметр МКМФ-02М простой и надежный прибор с встроенным микропроцессором позволяет определять не менее 50-ти параметров крови в клинико-диагностических лабораториях. [7]

Совсем недавно в России началась разработка фотоэлектрического фотометра с использованием диспергирующего устройства, которое основано на современных физических принципах и нанотехнологиях. При этом реализуется данное диспергирующее устройство с помощью специальных акустооптических ячеек, а также фильтров, разработанных учеными российской академии наук.

Это будут приборы совершенно нового поколения, которые и по габаритам, и по эффективности будут в достаточно существенной степени превосходить имеющиеся в продаже сегодня модификации фотоэлектрических фотометров. А это означает, в первую очередь, то, что такое оборудование, как фотоэлектрические фотометры, получит еще более широкий спектр применения.

### **Библиографический список**

1. Фотометры фотоэлектрические КФК-3. Руководство по эксплуатации [Текст] // ГУП МО «Загорская типография». – 16.07.2004. – С. 3.
2. КФК-3 фотометр фотоэлектрический концентрационный [Электронный ресурс] / Водоанализ.ру. – Режим доступа : <http://www.vodoanaliz.ru/KFK-3-fotometr-fotoelektricheskii.html> – Загл. с экрана.
3. Методы исследования биологических объектов с применением электромагнитных волн оптического диапазона [Электронный ресурс]: лекция. – Режим доступа: <http://ime.tpu.ru/study/discipliny/books-metod/lection-optics.pdf>. – Загл. с экрана. – 1–2 с.

4. Систематизация и классификация приборов фотометрии; визуальный фотометр [Электронный ресурс] / Студопедия. – Режим доступа : <http://studopedia.org/4-188861.html>. – Загл. с экрана.

5. Спектрофотометр Helios Delta (аналог КФК-3) (Thermo Electron, США) [Электронный ресурс] / Промышленная группа «Лаборант». – 2006. – Режим доступа : [http://www.laborant.net/catalog/analiticheskoe\\_oborudovanie\\_3/spektrofotometry\\_15/spektrofotometr\\_helios\\_delta\\_analog\\_kfk-3\\_thermo\\_electron\\_p820](http://www.laborant.net/catalog/analiticheskoe_oborudovanie_3/spektrofotometry_15/spektrofotometr_helios_delta_analog_kfk-3_thermo_electron_p820). – Загл. с экрана.

6. Спектрофотометр ПЭ-5300 [Электронный ресурс] / Производственно-коммерческая группа «Гранат». – Режим доступа : <http://granat-e.ru/pe-5300v.html>. – Загл. с экрана.

7. Фотоколориметр КФК-3 [Электронный ресурс] / НПП «Инжиниринг». – Режим доступа : <http://npp-e.ru/fotometers/fotocolorimetr-kfk-3.html>. – Загл. с экрана.

### References

1. Photometer photovoltaic KFK-3. Owner's Manual [Text] // SUO «Zagorsk printing press.» – 16.07.2004. – S. 3.

2. KFK-3 photoelectric photometer concentration [electronic resource] / Vodoanaliz.ru. – Access: <http://www.vodoanaliz.ru/KFK-3-fotometr-fotoelektricheskii.html> – Caps. from the screen.

3. Lecture: Methods of biological objects using electromagnetic waves of optical range [electronic resource]. – Access: <http://ime.tpu.ru/study/disciplinary/books-metod/lection-optics.pdf> – Caps. from the screen. – 1–2 s.

4. Ordering and classification of metering devices; visual photometer [electronic resource] / Studopediya. – Access: <http://studopedia.org/4-188861.html> – Caps. from the screen.

5. Spectrophotometer Helios Delta (analogue KFK-3) (Thermo Electron, USA) [electronic resource] / Industrial group «Laboratory» – 2006. – Access: [http://www.laborant.net/catalog/analiticheskoe\\_oborudovanie\\_3/spektrofotometry\\_15/spektrofotometr\\_helios\\_delta\\_analog\\_kfk-3\\_thermo\\_electron\\_p820](http://www.laborant.net/catalog/analiticheskoe_oborudovanie_3/spektrofotometry_15/spektrofotometr_helios_delta_analog_kfk-3_thermo_electron_p820) – Caps. from the screen.

6. Spectrophotometer PE-5300 [electronic resource] / Industrial and commercial group «Granat». – Access: <http://granat-e.ru/pe-5300v.html> – Caps. from the screen.

7. Photocolorimeter KFK-3 [electronic resource] / SPE «Engineering». – Access: <http://npp-e.ru/fotometers/fotocolorimetr-kfk-3.html> – Caps. from the screen.



# **БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 616-71/616.379-008.64

## МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

О. К. Абуладзе<sup>1</sup>, Ю. Б. Сергеева<sup>2</sup>,  
Е. И. Глинкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. +79156704650 e-mail: abuladze94@mail.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. +79616295899 e-mail: ulya\_sergeeva94@mail.ru).

<sup>3</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. +79108516847 e-mail: glinkinei@rambler.ru)

*Аннотация:* Описаны различные способы неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови, для мониторинга и контроля концентрации глюкозы в крови у людей, страдающих сахарным диабетом.

*Abstract:* Describes various methods for noninvasive determination of blood glucose concentrations, for monitoring and controlling blood glucose levels in people with diabetes .

*Ключевые слова:* сахарный диабет, неинвазивное определение концентрации глюкозы в крови, способы неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови, диагностика сахарного диабета, непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови.

*Keywords:* diabetes mellitus, non-invasive determination of glucose concentration in blood, the methods of non-invasive determination of blood glucose concentration , diagnosis of diabetes, continuous monitoring of blood glucose concentration.

Сахарный диабет (лат. diabetes mellitus) – группа эндокринных заболеваний, обусловленная хроническим повышением уровня глюкозы в крови вследствие абсолютного или относительного дефицита инсулина. По данным ВОЗ заболеваемость диабетом в мире составляет примерно 347 млн. человек. Даже в наиболее развитых странах диабет находится на 4 месте в рейтинге наиболее частых причин смерти. Высокая распространенность сахарного диабета обусловлена такими факторами как старение населения, снижение физической активности, неправильное питание: избыточное употребление сладкой и жирной пищи. Ранняя диагностика и правильный контроль заболевания явля-

ются основными факторами, определяющим качество жизни больных сахарным диабетом.

Определение уровня глюкозы крови – один из самых распространенных медицинских диагностических тестов. Данный тест выполняется как в условиях стационара, так и в лабораториях. Основные, существующие в настоящее время, методы контроля глюкозы в крови являются инвазивными. Эти методы имеют ряд ограничений: вероятность попадания инфекции в организм пациента, вероятность заражения заболеваниями, передающимися через кровь (СПИД, гепатит), ухудшение кровообращения, болезненность проведения анализа.

Уже более 30 лет назад исследователи изучают возможности неинвазивного диагностирования уровня глюкозы в крови. За это время появилось большое количество различных методов ее измерения, основанных на физических методах.

Цель работы заключается в обзоре различных методов неинвазивного способа определения концентрации глюкозы в крови.

Для достижения поставленной цели был проведен литературный обзор по теме исследования. Это позволило узнать принципы действия выбранных методов и выявить их недостатки.

*Инфракрасная спектроскопия в ближнем диапазоне 750...2500 нм.*

В основе данного метода лежит анализ оптического поглощения ИК-излучения, длины волн которого находятся в области поглощения глюкозы крови. При использовании данного метода используется устройство в виде клипсы, которое закрепляют на мочке уха. ИК-излучение проходит через телесные ткани и попадает на фотоприемник, где и фиксируется соответствующий спектр. Главным недостатком этого метода является влияния индивидуальных особенностей кожного покрова и состава межклеточной жидкости. [1]

*Глазная спектроскопия.*

Данный метод является физико-химическим. Для его применения используются специальные контактные линзы с гидрогелем. При взаимодействии со слезно жидкостью гель меняет цвет в соответствии с концентрацией глюкозы. Эти изменения регистрируются с помощью спектрофотометра. Основным недостатком данного метода является то, что уровень глюкозы в слезной жидкости не отражает значения глюкозы крови в даны момент времени, а запаздывает на 10...30 мин. [1].

*Ультразвуковая технология.*

Метод, основанный на измерении скорости ультразвуковых колебаний в кровенаполненных тканях. При проведении теста наблюдается фотоакустический эффект, т.е. звуковые колебания возбуждаются

модуляцией лазерного излучения в жидкости и воспринимаются микрофоном. Недостаток метода: сильное влияние внешней среды [1].

*Зависимость артериального давления.*

Исследование зависимости артериального давления от уровня содержания глюкозы проводится утром, натощак. Измеряют систолического и диастолического артериального давления последовательно на левой и правой руках пациента, далее происходит определение коэффициента корреляции и расчет содержания глюкозы в крови по расчетным формулам. Наиболее заметным недостатком данного метода является невозможность постоянного, непрерывного мониторинга [2].

*Зависимость тепловых характеристик крови.*

При проведении теста, основанного на зависимости тепловых характеристик крови от уровня глюкозы, производят непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови путем измерения в области поверхностных вен головы тепловых потоков датчиком измерительного устройства. Возможности данного способа позволяют осуществлять непрерывный неинвазивный мониторинг состояния глюкозного обмена большого сахарным диабетом. Недостатками такого метода является высокая методическая и динамическая погрешность градуировочной характеристики, из-за статистического анализа [3].

Разработка неинвазивного метода измерения концентрации глюкозы в крови человека с гибкой калибровочной характеристикой облегчит и продлит жизнь больным сахарным диабетом и позволит проводить аналитический контроль в адаптивном диапазоне с нормированными образцами. Благодаря проведенным исследованиям будет решаться основная техническая задача данной области медицины – разработка изобретения для неинвазивного способа измерения глюкозы – неинвазивного глюкометра.

### **Библиографический список**

1. Базаев, Н. А. Оптические методы неинвазивного определения уровня глюкозы в крови / Н. А. Базаев и др. // Медицинская техника : Науч.-техн. журн. – 2011. – № 6. – 29 – 33 с.
2. Пат. 2198586 РФ по кл. А61В 5/022. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / Эльбаев А. Д., Акаева С. А., Курданов Х. А. // Открытия, изобрет. – 2003.
3. Пат. 2180514 РФ по кл. А61В 5/01. Способ и устройство неинвазивного контроля уровня глюкозы в крови / Шмылев В. М., Бобылев В. М. // Открытия, изобрет. – 2002.

## References

1. Bazaev, N. A. Optical methods for non-invasive determination of blood glucose levels/ N. A. Bazaev ect. // Medical equipment: Science Magazine – 2011. – № 6.
2. Pat. 2198586 Russian Federation on the cells A61B 5/022. A method for noninvasive determination of blood glucose concentrations / Elbaev A. D., Akayeva S. A., Kurdanov H. A. // Discovery invented. – 2003.
3. Pat. 2180514 Russian Federation on the cells A61B 5/01. Method and device for noninvasive monitoring of blood glucose levels / Shmylev V. M., Bobylev V. M. // Discovery invented. – 2002.

УДК 621.396.965

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ

**Т. С. Сюксина<sup>1</sup>**

**научный руководитель к.т.н., доцент Т. А. Фролова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов, (e-mail: tanya@jksin@rambler.ru).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: frolova@mail.gaps.tstu.ru)*

*Аннотация:* Разработано устройство для комплексного электротерапевтического воздействия на организм человека. Рассмотрены методы, лежащие в основе аппарата, приведены аналоги аппарата, рассмотрены перспективы развития.

*Abstract:* A device developed for the complex electro therapeutic effects on the human body. Considered the methods underlying the apparatus, given the analogues of the apparatus, considered prospects of development.

*Ключевые слова:* электротерапия, электрофорез, биологически-активные точки, импульс, комплексная терапия.

*Keywords:* electrotherapy, electrophoresis, biologically active points, the momentum, a comprehensive treatment.

В настоящее время электротерапия нашла широкое применение в физиотерапии, кардиологии, гастроэнтерологии и других областях медицины. Это стало возможно благодаря практически полному отсутствию противопоказаний и побочных эффектов.

Теоретическую основу лекарственного электрофореза составляет теория электролитической диссоциации, предложенная в 1887 г. Сванте Аррениусом. Согласно ей электролиты при растворении распадаются (диссоциируют) на положительные (катионы) и отрицательные (анионы) ионы. В электрическом поле ионы перемещаются в соответствии со своей полярностью: катионы двигаются к отрицательному полюсу (катоде), а анионы – к положительному (аноду) (катафорез и анафорез). Направленное движение ионов под действием сил электрического поля и положено в основу лекарственного электрофореза [1, 5]. В этом случае на организм действует два фактора – лекарственный препарат и гальванический ток. Проникая при прохождении тока в толщину кожи под электродами, лекарственные вещества образуют так называемые кожные депо, из которых они медленно поступают в организм [5]. Введение лекарственных веществ методом электрофореза имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными способами их использования:

- лекарственное вещество действует на фоне измененного под влиянием гальванического тока электрохимического режима клеток и тканей;
- лекарственное вещество поступает в виде ионов, что повышает его фармакологическую активность;
- образование «кожного депо» увеличивает продолжительность действия лекарственного средства;
- высокая концентрация лекарственного вещества создается непосредственно в патологическом очаге;
- не раздражается слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта;
- обеспечивается возможность одновременного введения нескольких (с разных полюсов) лекарственных веществ.

Благодаря этим преимуществам лекарственный электрофорез находит все большее применение [4].

В настоящее время существует огромное количество приборов и аппаратов, позволяющих эффективно использовать данный метод терапевтического воздействия. К ним относится аппарат «МЕТА-1».

Аппарат малогабаритный электротерапевтический «МЕТА-1» является многофункциональным медицинским прибором, позволяющим производить как электрофорез в сочетании с последующим импульсным током для усиления лечебного эффекта, так и электронейростимуляцию, электромиостимуляцию, электроанальгезию, осуществлять электронаркоз, а также использовать его в качестве аппарата для электрона [2, 3].

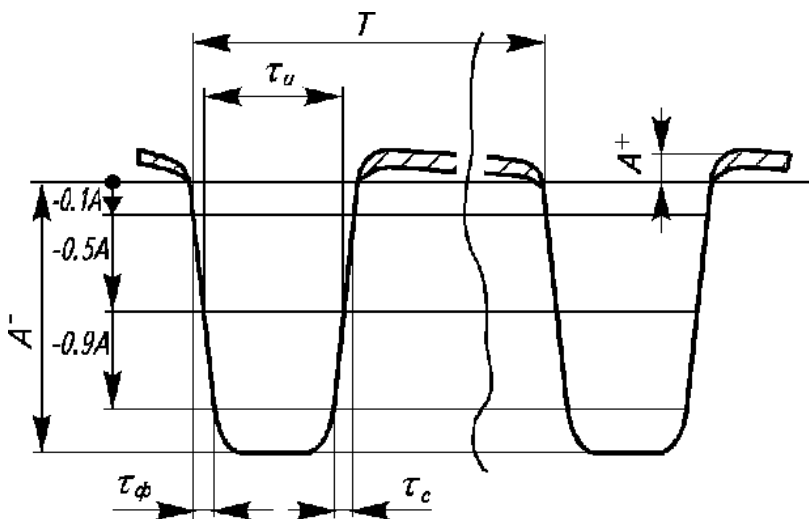


Рис. 1. Форма импульса

Аппарат вырабатывает на нагрузке 1 кОм биполярные несимметричные импульсы выходного тока. Форма импульса и его параметры приведены на (рис. 1).

Аппарат предназначен для применения в помещениях лечебных учреждений для обслуживания одного пациента.

Существуют аналоги данного аппарата: Аппарат Поток-1, Endomed 482 (Enraf Nonius), Myomed 632, Аппараты для электротерапии Дуо 200 (DUO 200) и МИО 200 (MYO 200).

Аппарат Поток-1 предназначен для профилактического и лечебного воздействия постоянным током на организм человека (гальванизации), а также для проведения лекарственного электрофореза.

Особенностью методов гальванизации и электрофореза, применяемых в аппарате Поток-1, является большая лечебная эффективность, безболезненность процедур, возможность сочетания с другими методами лечебного воздействия.

Поток-1 применяется для лечения и профилактики самых различных заболеваний в стационарах и на дому.

К отличительным особенностям Endomed 682id относятся: удобный интерфейс управления, русифицированное меню, большой яркий цветной жидкокристаллический дисплей с возможностью регулировки угла наклона.

Муомед 632 – комбинированный аппарат для проведения:

- электротерапии (низко и среднечастотные токи)
- электродиагностики состояния мышечной ткани
- электромиографии (кожные и полостные электроды)
- тренировки мышц на основе биологической обратной связи

по миографии

- тренировки мышц сфинктеров на основе биологической обратной связи по давлению

Возможности аппарата включают ручной режим настройки параметров процедуры, а также создание и сохранение неограниченного количества пользовательских программ, использование большого количества встроенных терапевтических протоколов лечения, сопровождающихся подробным описанием проведения процедур и фотографиями расположения электродов.

Дуо 200 (DUO 200) – аппарат для 2-х канальной электротерапии, комбинированной терапии.

МИО 200 (MYO 200) – аппарат для 2-х канальной электротерапии и электростимуляции с биологической обратной связью.

Аппараты серии «200» имеют оптимальный набор параметров терапии при небольших размерах и весе.

Аппарат МИО 200 – это аппарат ДУО 200, в котором электротерапия дополнена БОС по двум независимым каналам поверхностной электромиографии (ЭМГ) и по одному каналу давления. Обратная связь происходит через изображение вертикальной шкалы на экране аппарата, а при подключении компьютера – через изображение огибающей интерференционной электромиографической кривой или анимационное изображение на экране компьютера, которые изменяются пропорционально мышечной активности. Изображение на экране сопровождается различными по тональности и звучанию звуковыми сигналами, соответствующими биоэлектрической активности мышц пациента выше, ниже или на уровне определенного порога.

Попытаемся дать прогноз развития электротерапии в ближайшие годы. Вне сомнения, будет продолжаться внедрение в медицинскую практику новых методов, к разработке которых побуждают достижения медицины.

Перспективы развития и практического применения исследований в электротерапии позволяют расширить поиск новых эффективных методов лечения и интеграцию уже известных лечебных факторов в комплексную терапию ряда заболеваний.

Актуальной остается разработка научных основ биоуправляемой, биосинхронизированной и внутриорганной электротерапии [4].



Применение концепции доказательной медицины в электротерапии позволит ей перейти на новый этап своего развития. Чем раньше исследователи начнут применять методы электротерапии в своей практике, тем быстрее получат реальную пользу. Электротерапия уже показала, что сложнейшая технология нередко оказывается неэффективной, тогда как простейшие средства и методы, наоборот, вполне эффективны. Из этого следует, что сколь бы эффективно не выглядел предлагаемый физический метод лечения, он, прежде всего, должен быть эффективным.

### Библиографический список

1. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы : учебник [Текст] / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей, С. П. Серегин; Курск. гос. техн. ун-т. – Курск : ОАО «ИПП «Курск», 2009. – С. 962 – 969.
2. Электроника и микропроцессорная техника : учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев: – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 790 с.
3. Товары и услуги / Аппарат электротерапевтический многофункциональный «МЕТА-1» / <http://zp.prom.ua/p27652366-apparat-meta-elektroterapevticheskij.html>
4. Викторов В. А. Медико-техническая наука на пороге XXI века / Био-медприбор 2000 // Тез. докл. межд. конф. – М., 2000. – Т. 1. – С. 1 – 6.
5. Медицинская энциклопедия / Электрофорез/<http://www.medical-enc.ru/26/electrophoresis.shtml>.

### References

1. Medical equipment, devices, systems and complexes : the Textbook / Text NA Co-renevsky, EP Trustees, SP Seregin; Kursk. state. tehn. Univ. – Kursk: «IPP» Kursk, 2009. – P. 962 – 969.
2. Electronics and microprocessor technology : Proc. for high schools / V. G. Gusev, Yu. Gu planting: – 3rd ed., Rev. and add. – M. : Higher. HQ., 2005. – 790 p.
3. Goods and services / multifunction electrotherapy device «МЕТА-1» / <http://zp.prom.ua/p27652366-apparat-meta-elektroterapevticheskij.html>.
4. Viktorov, V. A. Medical and Technical Sciences at the threshold of the XXI century. / Bio-MEDPRIBOR 2000 // Proc. rep. Int. Conf. – M., 2000. – Т. 1. – P. 1 – 6.
5. Medical Encyclopedia / Electrophoresis / <http://www.medical-enc.ru/26/electrophoresis.shtml>.

УДК 616-71/616.379-008.64

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

Ю. Б. Сергеева<sup>1</sup>, О. К. Абуладзе<sup>2</sup>,  
Е. И. Глинкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов, (Тел. +79616295899 e-mail: ulya\_sergeeva94@mail.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов, (Тел. +79156704650 e-mail: abuladze94@mail.ru).

<sup>3</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. +79108516847 e-mail: glinkinei@rambler.ru)

*Аннотация:* Систематизированы способы неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови по вектору эффективности, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови у людей, страдающих сахарным диабетом.

*Abstract:* Systematized methods of non-invasive determination of the glucose concentration in the blood by vector efficiency, allowing to carry out continuous monitoring of blood glucose levels in people with diabetes.

*Ключевые слова:* неинвазивное определение концентрации глюкозы в крови, вектор эффективности, способы неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови, диагностика сахарного диабета, непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови.

*Keywords:* non-invasive determination of glucose concentration in the blood, vector efficiency, methods of non-invasive determination of glucose concentration in the blood, diagnosis of diabetes, continuous monitoring of blood glucose concentration.

Как известно, сахарный диабет занимает третье место в мире после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. По оценкам Всемирной организации здравоохранения более 341 миллион человек во всем мире больны диабетом. Эта болезнь на сегодня, к сожалению, считается неизлечимой и сопровождает человека всю жизнь. Во избежание тяжелых осложнений заболевшие диабетом люди вынуждены придерживаться специального режима жизни и питания и периодически брать пробы своей крови «на сахар».

В этой связи представляют особое значение методы своевременного контроля содержания сахара в крови. В настоящее время широко

распространены инвазивные анализы крови на сахар, при которых необходимо получить образец крови в виде капли.

Известные способы анализа на содержание сахара в крови пациента основаны на свойстве сахара восстанавливать определенные соли в процессе сложных химических реакций; такие анализы имеют биохимический характер. В настоящее время созданы портативные приборы для определения сахара в крови, которыми могут пользоваться больные дома и сами определять уровень сахара. Это необходимо для правильного подбора доз лекарств больным сахарным диабетом, что значительно повышает эффективность лечения. Но такие способы обладают рядом значительных недостатков, к основным из которых относится: болезненность проведения анализа, возможность травмирования и инфицирования пациента.

Известны неинвазивные способы определения содержания глюкозы в крови человека, которые избавили бы больных диабетом от необходимости постоянно травмировать кожу.

Цель работы заключается в разработке неинвазивного способа определения концентрации глюкозы в крови, позволяющего проводить непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови.

Для достижения поставленной цели был проведен литературно – патентный поиск научных работ по теме исследования, что позволило выявить недостатки существующих способов и синтезировать их по вектору эффективности.

Эффективность – это ожидаемый эффект от использования инновации. Для определения эффективности необходимо сравнить инновацию с аналогами. Мерой эффективности инновации служит уровень обеспечиваемых ею технико-экономических показателей, т.е. технический уровень продукции или уровень ее качества. [1]

Рассмотрены из патентного анализа основные неинвазивные способы определения концентрации глюкозы в крови по возрастанию их эффективности.

Известен способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови [2], в котором измеряют систолическое и диастолическое артериальное давление натощак и после приема пищи. Рассчитывают содержание глюкозы в крови в ммоль/л натощак ( $P$ ) и после приема пищи ( $P_1$ ) по формулам

$$P = 0,37E^{1,65K} ; \quad (1)$$

$$P_1 = 0,65E^{1,5K_1} , \quad (2)$$

где  $E = 2,71828$ ,  $K$  и  $K_1$  – коэффициенты корреляции, которые определяют как отношение среднеарифметического значения систолического

артериального давления к среднеарифметическому значению диастолического артериального давления, измеренных на обеих руках пациента натощак ( $K$ ) и после приема пищи ( $K_1$ ).

Недостаток: способ не позволяет достичь желаемой точности и не позволяет осуществлять непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови.

Известен способ для неинвазивного определения глюкозы в частях человеческого тела [3]. Используют высокоточные измерения температуры участка тела, инфракрасного излучения данного участка и теплопроводности кожи на данном участке для определения концентрации глюкозы. Анализ основан на математических методах экстраполяции и не принимает в расчет воздействия внешних факторов на изменение температуры тела.

Недостатком этого способа является отсутствие математической модели углеводного обмена. Алгоритм связывает только текущую концентрацию глюкозы в крови с текущей температурой, а значит, способ не предназначен для длительного мониторинга, а также не учитывает влияния индивидуальных факторов на изменение температуры.

Известен также способ неинвазивного контроля уровня глюкозы в крови [4], являющийся наиболее близким аналогом (прототипом), в котором определяют концентрацию глюкозы в крови с помощью измерительного устройства, при этом проводят непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови путем измерения в области поверхностных вен головы тепловых потоков датчиком измерительного устройства, а концентрацию глюкозы ( $X_g^*$ ) определяют по формуле

$$X_g^* = X_1^* + X_2^*, \quad (3)$$

где  $X_1^* = W_{mn}(s)X_T^*$ ,  $X_2^* = K_{\Pi}W_{mn}(s)X_{\Pi}^*$ ,

где  $X_T^*$  – безразмерное отклонение температуры от установившегося значения;  $X_{\Pi}^*$  – безразмерное отклонение теплового потока от установившегося значения;  $W_{mn}(s) = \frac{1}{T_{\text{ТПС}} + 1}$  – передаточная функция кон-

центрации глюкозы в крови по температуре и тепловому потоку; ТПС – экспериментально определяемая постоянная времени переходного процесса;  $K_{\Pi}$  – экспериментально определяемый безразмерный коэффициент;  $s = \frac{d}{dt}$  – оператор дифференцирования.

Недостатками прототипа являются низкая метрологическая эффективность из-за высокой погрешности в широком диапазоне

информативных параметров измерения, обусловленной фиксированной статистической градуировочной характеристикой.

Таким образом, технической задачей разрабатываемого способа является повышение метрологической эффективности, за счет исключения методической погрешности. Этого добиваются благодаря определению концентрации глюкозы в крови по калибровочным характеристикам. Данный способ является эффективной альтернативой традиционным.

### **Библиографический список**

1. Глинкин, Е. И. Техника творчества / Е. И. Глинкин. – Тамбов : ТГТУ, 2010. – 165 с.
2. Пат. 2198586 РФ по кл. А61В 5/022. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / Эльбаев А. Д., Акаева С. А., Курданов Х. А. // Открытия, изобрет. – 2003.
3. Пат. 5.795.305 US по кл. 60/549. Process and device for non-invasive determination of glucose concentration in parts of the human body / Ok-Kyung Cho, Birgit Holzgreve. – 1998.
4. Пат. 2180514 РФ по кл. А61В 5/01. Способ и устройство неинвазивного контроля уровня глюкозы в крови / Шмылев В. М., Бобылев В. М. // Открытия, изобрет. – 2002.

### **References**

1. Glinkin, E. I. Technique work. – Tambov: TSTU, 2010. – 165 p.
2. Pat. 2198586 Russian Federation on the cells A61B 5/022. A method for noninvasive determination of blood glucose concentrations / Elbaite A. D., Akayeva S. A., Kurdanov H. A. // Discovery invented. – 2003.
3. Pat. 5.795.305 US on the cells 60/549. Process and device for non-invasive determination of glucose concentration in parts of the human body / Ok-Kyung Cho, Birgit Holzgreve. – 1998.
4. Pat. 2180514 Russian Federation on the cells A61B 5/01. Method and device for noninvasive monitoring of blood glucose levels / Shmylev V. M., Bobylev V. M. // Discovery invented. – 2002.

УДК 12.04.421.7(07)

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИМПЕДАНСА БИООБЪЕКТА

Е. А. Рухлова<sup>1</sup>, Е. И. Глинкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8906)5994767 e-mail: eugeniya.ruhlova2011@yandex.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: glinkinei@rambler.ru)

*Аннотация:* Проанализированы способы определения составляющих импеданса биообъекта для выявления их недостатков и синтеза способа-инновации.

*Abstract:* Analyzed methods for determining the impedance components of a biological object to identify their defects and synthesis method-innovation.

*Ключевые слова:* Способ определения составляющих импеданса биообъекта, информативные параметры, точность измерения, оперативность, погрешность.

*Keywords:* a method for determining the impedance of the biological object components, informative parameters, measurement accuracy, efficiency, error.

Многие из известных методов определения составляющих комплексного сопротивления биологических тканей не в состоянии дать точные результаты измерений и имеют погрешность около 50% из-за зависимости комплексного сопротивления от электрических характеристик и конструктивных параметров. В связи с этим проблема определения комплексного импеданса биологических тканей является значимой в настоящее время.

Цель работы – разработка способа определения составляющих импеданса биообъекта, в котором устраняется методическая и динамическая погрешности, повышаются точность и оперативность измерения составляющих комплексного сопротивления биообъекта. Для достижения поставленной цели был проведен литературно – патентный поиск научных работ по теме исследования, что позволило выявить недостатки существующих способов определения составляющих импеданса.

Существует несколько способов измерения составляющих импеданса биообъекта.

Известен способ измерения электрических величин активного сопротивления, емкости и индуктивности [1], согласно которому на последовательную активно-емкостную или активно индуктивную цепь подают напряжение постоянного тока. При этом один элемент цепи известен. После подачи напряжения через определенные промежутки времени  $\Delta t$  измеряют первое и второе мгновенные значения напряжения на средней точке измерительной цепи. Неизвестные элементы определяют соответственно по формулам для активно-емкостной и индуктивно-емкостной цепей.

Недостаток такого способа измерений сопротивлений в том, что он не позволяет измерить с достаточной точностью значения активной и реактивной составляющих комплексного сопротивления.

По способу определения составляющих импеданса биообъекта [2] на биообъект накладывают электроды, через которые подается импульс тока определенной полярности и с амплитудой  $I_0$ . Так как составляющая импеданса имеет емкостной характер, происходит переходной процесс нарастания напряжения. В моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  измеряют напряжения  $U_1$  и  $U_2$ . Измерение в момент  $t_2$  происходит тогда, когда емкость тканей заряжена полностью, т.е. переходной процесс закончился. Величина  $I_0$  выбирается такой, чтобы за время действия импульса тока произошел полный заряд емкости тканей. Тогда напряжение на биообъекте пропорционально величине активной составляющей импеданса биообъекта.

Недостатками являются: наличие динамической и методической погрешности и низкая оперативность, вызванная необходимостью ожидания установившегося режима.

Известен способ определения составляющих импеданса биообъекта [3], заключающийся в том, что на биообъект подается импульс тока  $I_0$  и измеряют напряжения в моменты времени  $t_2 = 2t_1$ . По измеренным значениям напряжения и моментам времени регистрируют информативные параметры: потенциал  $E$  и постоянную времени  $T$ , по которым определяют значение активного сопротивления и эквивалентную емкость тканей биообъекта.

Недостатком данного способа является относительно низкие оперативность и точность способа.

Технической задачей инновации является повышение точности и оперативности измерения составляющих комплексного сопротивления биообъекта за счет устранения методической и динамической погрешности. Для этого в способе определения составляющих импеданса биологического объекта, заключающемся в подаче на биообъект импульса стабилизированного тока и измерении напряжения в момент

времени после начала импульса тока, определении активного сопротивления и эквивалентной емкости тканей биообъекта, измеряют в тот же момент времени некоторые параметры, а составляющие импеданса определяют по характеристикам этих параметров.

Таким образом, были проанализированы известные методы определения составляющих импеданса биообъекта и выявлены их недостатки, а также предложен инновационный метод, благодаря которому увеличивается точность проводимых измерений.

### **Библиографический список**

1. Пат. 1797079 СССР, МКИЗ G 01 R 27/18. Способ измерения электрических величин активного сопротивления, индуктивности и емкости. – 1993. – № 7
2. Пат. 1397024, МКИЗ А61В5/05. Способ определения составляющих импеданса биологического объекта / Брацлавский И. Ф., Галиновский А. В. ; заявитель и патентообладатель Особое конструкторско-технологическое бюро Физико-технического института низких температур АН УССР. – 4093075/28-14 ; заявл. 18.07.86 ; опубл. 23.05.88, Бюл. № 19.
3. Пат. 2509531 Рос. Федерация, МПК8 А 61 В5/053. Способ определения составляющих импеданса биообъекта / Наумова А. В., Глинкин Е. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет». – № 2012 128278/14 ; заявл. 04.07.2012 ; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 5. – 6 с.

### **References**

1. Pat. 1797079 USSR MKIZ G 01 R 27/18. Method for measuring electrical quantities of the active resistance, inductance and capacitance. – 1993. – № 7
2. Pat. 1397024, MKIZ A61B5 / 05. A method of determining the components of the impedance of the biological object / Bratslav I. F., Galinovskiy A. V. ; applicant and patentee Special Design and Technology Bureau of the Physical-Technical Institute of Low Temperature Ukrainian Academy of Sciences. – 4093075 / 28-14; appl. 07/18/86; publ. 05.23.88, Bul. № 19.
3. Pat. 2509531 Rus. Federation MPK8 A 61 B5 / 053. A method for determining components of impedance bioobject / Naumova A. V., Glinkin E. I. ; applicant and patentee FGBOU VPO «Tambov State Technical University.» – № 2012 128278/14; appl. 04.07.2012; publ. 03.20.2014, Bull. № 5. – 6 p.



УДК 12.04.421.7(07)

## ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ РЕНТГЕНОГРАММ

**А. В. Каширова<sup>1</sup>, А. Н. Ветров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (Тел.(8980)6730768 e-mai:kaschirowa.anastasya@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (e-mai:avetrov@yandex.ru)*

*Аннотация:* Предложен метод повышения информативности медицинской диагностики посредством компенсирования термо- и рентгенографии.

*Abstract:* The method of medical diagnostics more informative means compensating thermal and X-ray.

Ключевые слова: рентгенография, медицинская термография, тепловое излучение, совмещение

*Keywords:* X-rays, medical thermography, thermal radiation, diagnostics

Рентгенография – это исследование, основанное на получении суммарного проекционного изображения анатомических структур организма посредством прохождения через них рентгеновских лучей и регистрации степени ослабления рентгеновского излучения. Регистрация внутренней структуры объектов осуществлялась проецированием на специальную пленку или бумагу, в настоящее время на экран монитора компьютера [1].

В результате прохождения через образования разной плотности и состава, пучок излучения рассеивается и тормозится, в связи с чем формируется сложное, усредненное, суммационное изображение разной степени интенсивности. Это изображение является сочетанием теней, отличающихся друг от друга формой, величиной, оптической плотностью, структурой, очертанием контуров [2].

Рентгеновское изображение является основным источником информации для обоснования рентгенологического заключения [1].

Рентгенографическое изображение теряет свою информативность без контрастирующих веществ, которые применяются для анализа изменений в мягких тканях. Информативность уменьшается, так как происходит проекционное наложение сложных анатомических структур, т.е. их суммарная рентгеновская тень, в отличие от послойных серий изображений, получаемых современными томографическими

методами [4]. О качестве полученного изображения можно судить по таким параметрам как: напряжение, подаваемое на рентгеновскую трубку, сила тока и время работы трубки, но эти параметры изменяются в зависимости от исследуемых анатомических структур.

Преимущества:

- широкая доступность метода и легкость в проведении исследований;
- для большинства исследований не требуется специальной подготовки пациента;
- относительно низкая стоимость исследования;
- снимки могут быть использованы для консультации у другого специалиста или в другом учреждении.

Недостатки:

- относительно плохая визуализация мягких тканей;
- «замороженность» изображения – сложность оценки функции органа;
- наличие ионизирующего излучения.

Медицинская термография – это метод регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимой инфракрасной области электромагнитного спектра в целях диагностики различных заболеваний. Физиологической основой термографии является увеличение интенсивности инфракрасного излучения над патологическими очагами или снижением его интенсивности в областях с уменьшенным регионарным кровотоком и сопутствующими изменениями в тканях и органах.

Термографию проводят контактным и бесконтактным методом. Бесконтактное исследование может быть выполнено как термоскопия (визуализация теплового поля тела или его части на экране тепловизора), термометрия (измерение температуры поверхности тела с помощью градуированной или цветовой шкалы и эталонного излучателя) и термография (регистрация теплового поля на фотопленке или электрохимической бумаге в виде монохроматической или цветной термограммы). Для проведения бесконтактной термографии используют специальные приборы – тепловизоры или термографы, воспринимающие и регистрирующие тепловое излучение тела в инфракрасной области спектра. При уменьшении температуры каких-либо участков тела изменяется величина потока излучения. Это изменение преобразуется термографом в электрический сигнал, который усиливается и воспроизводится на экране в виде черно-белого или цветного изображения – термограммы. Контактную термографию проводят с помощью жидких кристаллов, обладающих оптической анизотропией и изменяющих цвет в зависимости от температуры. Контакт термограммы получают

путем прикладывания к поверхности тела исследуемой области пленки или паст с жидкокристаллическим соединением [5].

Основное достоинство термографии в том, что это безвредный неинвазивный метод, с помощью которого можно диагностировать все тело человека многократно. Но термограмма как самостоятельный диагностический метод не является достаточно надежным, так как имеет малую специфичность и неотчетливое изображение органов, следовательно, данные, полученные с ее помощью, необходимо сопоставлять с данными других исследований [2].

Совмещение термо- и рентгенографии значительно повысит информативность изображения, так как рентген не выявляет патологию на ранней стадии ее развития, но позволит уточнить форму данных органов, их положение, состояние рельефа, а анализ патологических изменений при термографии исследуемой области позволит определить контуры очага, его интенсивность, а также структуры и области распространения. Но при этом основой будет являться рентгеновское изображение, так как оно показывает изменения в более плотных тканях. Термограмма же дает распределение температур в мягких тканях, мало отличающихся по плотности. Поэтому целесообразно накладывать тепловизионную картину на рентгеновский снимок.

Но полная тепловизионная картина всей поверхности обследуемой области пациента может помешать диагностике в целом, поэтому предлагается накладывать на соответствующий участок обследуемой области только сегмент тепловизионной картины, который указывает на температурную аномалию [3] и при этом прозрачен, как это показано на рис. 1.



Рис. 1. Наложение сегмента термограммы на рентгеновское изображение

При этом изначально необходимо иметь базу данных по нормальному распределению температур по поверхности тела человека. Такая база в настоящее время создана.

### **Библиографический список**

1. Рентгенография [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Термография в медицине [Электронный ресурс]. – <http://doktorland.ru/termografiya.html>.
3. Инновационный метод визуального поиска пострадавших / А. Н. Ветров, А. А. Одинокова, А. Ю. Потлов и др. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 4. – С. 169–170.
4. Медицинская энциклопедия [Электронный ресурс]. – <http://www.medical-enc.ru/16/rentgenografia.shtml>.
5. Термография в медицине [Электронный ресурс]. – <http://www.likar.info/medic/termografiya-v-medicine/>.

### **References**

1. Radiography [Electronic resource]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Thermography in medicine [Electronic resource]. – <http://doktorland.ru/termografiya.html>.
2. Vetrov A. N. An innovative method of visual search of victims / A. N. Vetrov, A. A. Odinkova, A. Y. Potlov, D. A. Semenov, M. A. A. Gahzar // Bulletin of new medical technologies. – 2012. – Т. XIX, № 4. – S. 169–170.
3. Medical Encyclopedia [Electronic resource]. – <http://www.medical-enc.ru/16/rentgenografia.shtml>.
4. Thermography in medicine [Electronic resource]. – <http://www.likar.info/medic/termografiya-v-medicine/>.

УДК 621.384.3

## НАЛОЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ КРИГИНГА

**А. П. Бабашкина**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (915)6754250 e-mail: cool.ladyanna2014@yandex.ru)*

*Аннотация:* В данной статье описана спроектированная программа, представляющая виртуальную программу совмещения изображений методом кригинга, написанная в среде LabVIEW. Так же была построена временная диаграмма, по которой можно наиболее полно проанализировать эффективность данного метода.

*Abstract:* In this article the designed program submitting the virtual program of combination of images by a Kriging method written in the environment of LabVIEW is described. Also the temporary chart according to which it is possible to analyse efficiency of this method most fully was constructed.

*Ключевые слова:* наложение изображений, LabVIEW, программа, метод кригинга, диаграмма, разработка программы.

*Keywords:* image superposition, LabVIEW, program, method Kriging, diagram, program construction.

*LabView (Laboratory Virtual Instrument Workbench* – среда разработки лабораторных виртуальных приборов) представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. Концепция LabView представляет разработчику легкую в использовании графическую оболочку, которая включает в себя весь набор инструментов, необходимых для сбора данных, их анализа и представления результатов. С помощью данного языка, именуемого также G, можно программировать задачу из графической блок-диаграммы, которая компилирует алгоритм в машинный код.

Совмещение телевизионного и инфракрасного изображений (ТВ и ИК) является нужным и не заменимым способом в медицине и поисковых работах. Благодаря этому способу можно искать людей под завалами или применять его в обследовании пациентов. Например, при диагностики заболеваний, связанных с повышением температуры. Отдельно инфракрасное изображение не дает полной информации

о местонахождении очагов заболевания, но благодаря совмещению ТВ и ИК изображений можно получить общее изображение с двумя характеристиками, которое наиболее точно даст представление об исследуемом объекте.

За прототип выбран способ совмещения изображения путем различных фотодатчиков (Патент № 2435221 G06T3/00). Он может быть использован при наблюдении за сложными сценами, в которых имеются объекты различной природы, с различными свойствами, включая отражательную способность и температуру. Например, биологические объекты на фоне хирургического инструментария, электрические сети на фоне промышленных и гражданских конструкций, живые существа на фоне складских помещений, горящий торф под поверхностным слоем земли.

Суть способа: совмещение изображений, полученных с помощью различных фотодатчиков, в которой световой поток, отраженный от исследуемых объектов, формируют в отдельные изображения и записывают их в общее изображение. Затем по нему судят о взаимном расположении объектов. Световой поток предварительно разделяют на два потока. Из первого потока формируют изображение видимого спектра, а из второго – изображение инфракрасного спектра. После считывают пиксели первого и второго изображений и последовательно записывают в память результирующие изображения этих пикселей. На нечетных строках записывают последовательно пиксели первого и второго изображений, а на четных строках – последовательно пиксели второго и первого изображений (рис. 1).

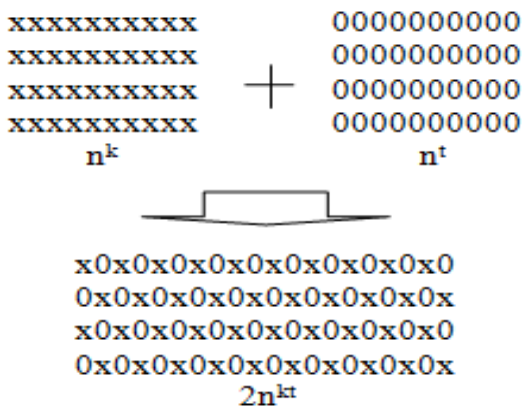


Рис. 1. Схема метода совмещения изображений, полученных от различных фотодатчиков

Эффект совмещения с сохранением всех фрагментов как первого, так и второго изображений получен за счет того, что изображение видимого спектра и изображение инфракрасного спектра получают из одного и того же потока, т.е. эти изображения снимают с одного ракурса, а в совмещенное изображение записывают последовательно пиксели первого и второго изображений.

Совокупность существенных признаков изобретения обеспечивает достижение технического результата, получаемого при осуществлении изобретения, в виде возможности точного анализа любых фрагментов совмещенного изображения, которое было ранее передано или записано в память.

Инновационное решение получено методом морфологического анализа, который, в отличие от известных способов, значительно повышает точность определения взаимного расположения фрагментов изображения по вектору развития за счет синтеза и анализа таблицы признаков, позволяющей также систематизировать признаки по их значимости на структуры и связи, ограничительные и отличительные, существенные и несущественные признаки. Как развитие метода тождественных эквивалентов морфологический анализ расширяет эргономическую эффективность из-за использования метода кригинга.

Модель разработанного способа заключается в том, что существуют два изображения, снятых с одного ракурса, отличие их в том, что они двух видов: ИК (рис. 2, *а*) и ТВ изображения (рис. 2, *б*). Происходит суммирование строк первого изображения (ИК) и второго изображения (ТВ), т.е. соответствующие строки первого кадра (ИК) и второго кадра (ТВ) изображения, и записываются в общее изображение (рис. 2, *в*), которое определяется следующей формулой:

$$P_{\text{стр}} = N_{\text{стр}} + M_{\text{стр}},$$

$$N_{\text{стр}} = M_{\text{стр}},$$

где  $N_{\text{стр}}$  – число строк кадра (ИК) изображения;  $M_{\text{стр}}$  – число строк кадра (ТВ) изображения;  $P_{\text{стр}}$  – число строк кадра общего изображения.

Процесс обмена информацией между пикселями (ИК) и (ТВ), показан на следующей диаграмме (рис. 3), где каждый пиксель делится на две равные части нижняя и верхняя. Верхняя часть пикселя делится на две части, каждая часть пикселя (ТВ) изображения меняется местами с соответствующей частью пикселя (ИК) изображения, нижняя часть не изменяется. Этот процесс называется кригингом.

На рисунке 2 представлена схема исходного состояния значений пикселей с  $i-1$ -й до  $k+1$ -й строк, где  $Q^i$  – исходное состояние значения пикселя соответствующей строки, а числовые коэффициенты – части пикселя.

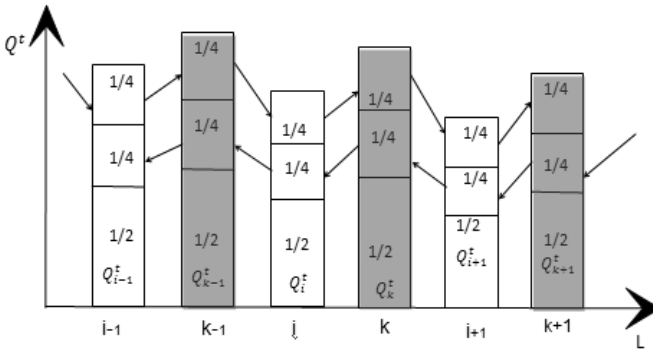


Рис. 2. Исходное состояние значений пикселей

После проведения кригинга схема состояний значения пикселей будет иметь следующий вид (рис. 3):

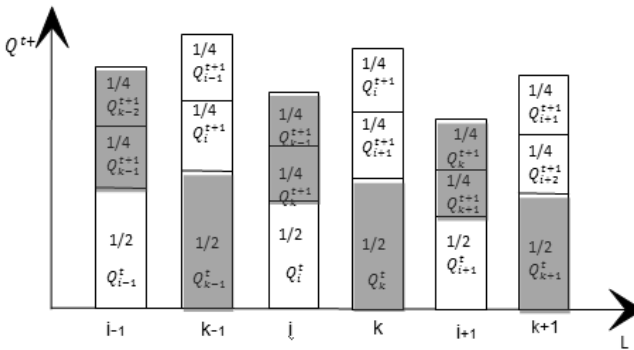


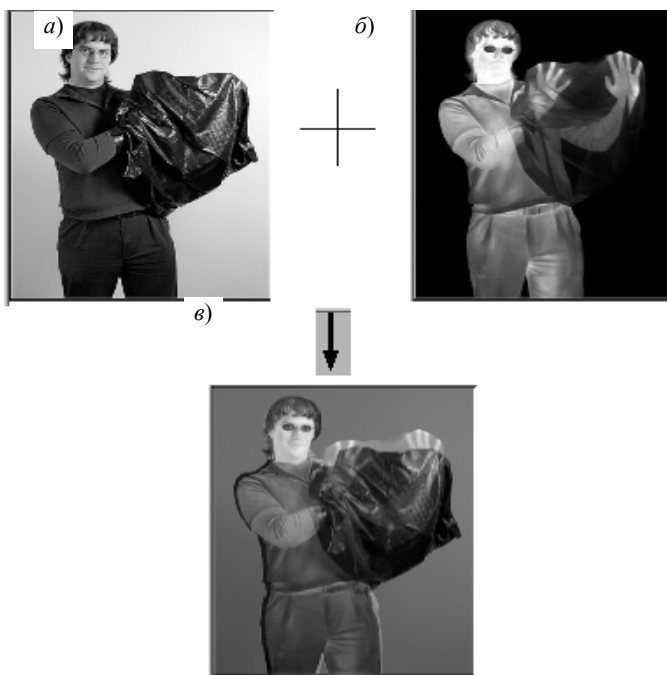
Рис. 3. Графический результат кригинга

$Q^{t+1}$  – состояние значения пикселя строки после проведения междустрочной интерполяции.

После проведения всех действий в итоге получаем совмещенное изображение (рис. 4, в), которое совместило в себе ТВ изображение (рис. 4, а) и ИК изображение (рис. 4, б).

Написана программа в программной среде LabVIEW, реализующая совмещение изображений методом кригинга. Получены промежуточные и конечные результаты в виде изображений, а также в виде массивов. Построен график разницы между разработанным способом и прототипом. Приведен пример работы программы.





**Рис. 4. ТВ изображение (а), ИК изображение (б), совмещенное изображение (в)**

Таким образом, можно сказать, что разработанный способ эффективнее прототипа и на этой основе можно продолжать дальнейшее развитие в этой области и непосредственно совершенствовать данную программу в лучшую ее сторону.

#### **Библиографический список**

1. Пат. 2435221 РФ, кл. G 06 Т 3/00. Способ совмещения изображений, полученных от различных фотодатчиков / Ерош И. Л., Сергеев М. Б., Соловьев Н. В. и др.

#### **References**

1. Pat. RF 2435221, cl. G 06 T 3/00. The method of combining images taken from different photocells / Erosh I. L., Sergeev M. B., Solovyev N. V. and others.

УДК 621.383.8

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОВМЕЩЕНИЯ РАЗНОДИАПАЗОННЫХ РАЗНОФОРМАТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Ю. В. Сулова<sup>1</sup>, К. Е. Швырева<sup>2</sup>, А. А. Закуражный<sup>3</sup>, А. Н. Ветров<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8910)8586459, e-mail: porova21.04@mail.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов, (Тел. (8953)7183386, e-mail: aksyutka.shvyreva@mail.ru).

<sup>3</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8953)7089717, e-mail: pk68-motion@mail.ru).

<sup>4</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: avetrov@yandex.ru)

*Аннотация:* В предложенной работе, основанной на использовании билинейной интерполяции, а также интерполяции нулевого порядка, разработан алгоритм совмещения и обработки разноформатных изображений различных диапазонов частот с целью повышения точности диагностических исследований.

*Abstract:* In this paper, based on the use of bilinear interpolation, as well as zero-order interpolation, the algorithm combining and processing of multi-format images of different frequency bands in order to increase the accuracy of diagnostic test

*Ключевые слова:* изображения, совмещение, диагностика, билинейная интерполяция, интерполяция нулевого порядка, ультразвуковая диагностика, магнитно-резонансная томография.

*Keywords:* image alignment, diagnostics, bilinear interpolation, zero-order interpolation, ultrasound diagnostics, magnetic resonance imaging.

В настоящее время для получения достоверного диагноза пациенты подвергаются различным видам диагностики, например, УЗИ и МРТ. Но анализировать полученные изображения приходится по отдельности, что может привести к упущению каких-то немаловажных деталей. В связи с этим возникает задача совмещать разнодиапазонные изображения в единые с целью повышения наглядности и информативности результирующего изображения, которая сопровождается такими проблемами, как изменение масштаба одного из изображений и повышение точности совмещения деталей. В силу этого задача по

совмещению разнодиапазонных разноформатных изображений является актуальной.

Цель работы заключается в повышении точности диагностических исследований за счет совмещения и обработки разнодиапазонных разноформатных изображений.

УЗИ и МРТ – одни из наиболее информативных и доступных методов исследования в современной медицине. Тем не менее, каждый из этих методов обладает некоторыми недостатками. Например, среди недостатков УЗИ [2] следует отметить сложность выделения сигнала из шума и ограниченные размеры исследуемой области. Эти недостатки можно исключить путем совмещения разнодиапазонных изображений. Данная методика позволяет увеличить информативность, увидеть общую картину патологий и избавиться от возникших артефактов, таких как сильно зашумленное изображение в результате использования малого количества геля со стороны УЗИ или артефакты дыхания со стороны МРТ [3].

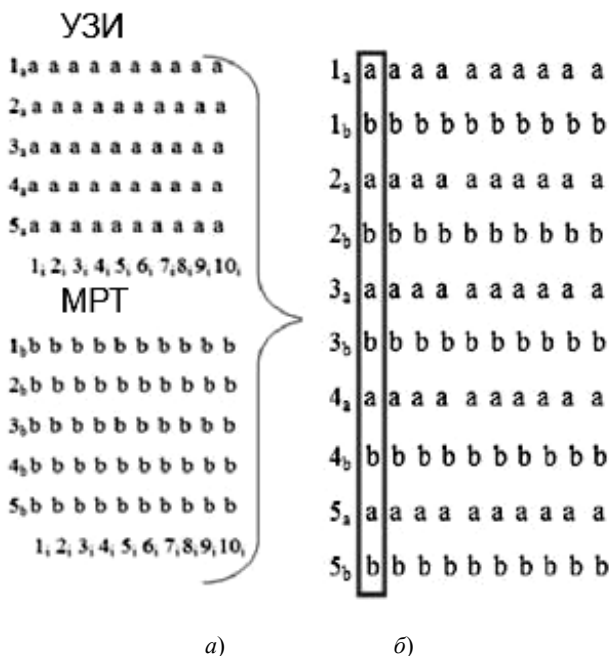
В общем случае совмещение изображений, полученных от датчиков, работающих в различных спектральных диапазонах многоканальной системы наблюдения, состоит из двух этапов. Первый этап подразумевает пространственное совмещение, для чего реализуется привязка двух изображений, которая устраняет пространственное расхождение объектов наблюдаемой сцены, которое возникает по причине несовпадения визирных осей каналов наблюдения и ошибкой юстировки угла зрения. Второй этап заключается в непосредственном синтезе изображений, полученных от датчиков различного спектра.

*1 этап. Увеличение изображения посредством билинейной интерполяции.*

В вычислительной математике билинейной интерполяцией называют расширение линейной интерполяции для функций в двух переменных. Ключевая идея заключается в том, чтобы провести обычную линейную интерполяцию сначала в одном направлении, затем в другом [4].

Основным плюсом билинейной интерполяции при масштабировании изображений является сглаживание полученного изображения, а главный минус заключается в том, что при увеличении в  $N$  раз изображения размером  $W$  (ширина) на  $H$  (высота) пикселей, в результате будет получено изображение размером не  $NW$  на  $NH$  пикселей, а  $(N*(W-1)+1)$  на  $(N*(H-1)+1)$  пикселей.

*2 этап. Совмещение и обработка изображений посредством интерполяции нулевого порядка.*



**Рис. 1. Смешивание строк изображения**

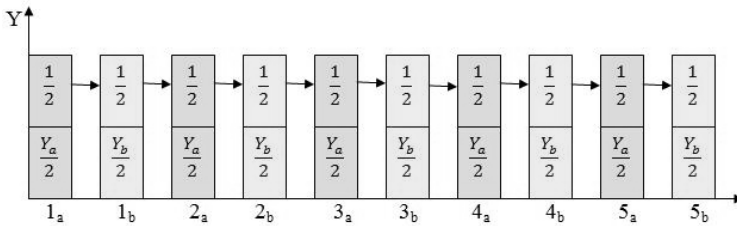
*а* – ультразвуковое изображение и магнитно-резонансное изображение;  
*б* – совмещенное изображение

При совмещении изображений их первоначально объединяют с чередованием строк и записывают в память общего изображения. Каждая четная строка соответствует УЗИ-изображению, а каждая нечетная – магнитно-резонансному изображению, как это показано на рис. 1.

Считаем, что соседние по вертикали пиксели в объединенном изображении имеют значения  $Y_a$  – для УЗИ-изображений и  $Y_b$  – для МРТ-изображений. Значение каждого пикселя разделено на 2 равные части. Далее между строками происходит обмен поделенными частями значений пикселей так, что одна половина значения части пикселя остается на своем месте, а другая половина переходит на строку, расположенную выше.

Значение каждого пикселя представлено в следующих пропорциях:

$$T_{\text{д}} \frac{d\omega_{\text{д}}}{dt} + k_{\text{д}} \omega_{\text{д}} = b h_p + \theta_p \rho - \theta_{\text{д}} M_{\text{ма}}, \quad Y_b = \frac{Y_b}{2} + \frac{Y_b}{2}. \quad (1)$$



**Рис. 2. Исходное положение пикселей**

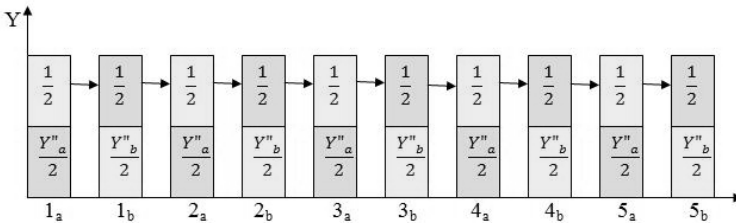
Если выделенную область рис. 1 повернуть на 900 влево, то получится графическая модель метода, представленная на рис. 2.

Значение пикселей после обмена поделенными частями:

$$Y_{1b} = \frac{Y_{1a}}{2} + \frac{Y_{1b}}{2}, Y_{2a} = \frac{Y_{1b}}{2} + \frac{Y_{2a}}{2}, Y_{2a} = \frac{Y_{1b}}{2} + \frac{Y_{2a}}{2}, Y_{3a} = \frac{Y_{2b}}{2} + \frac{Y_{3a}}{2},$$

$$Y_{3b} = \frac{Y_{3a}}{2} + \frac{Y_{3b}}{2}, Y_{4a} = \frac{Y_{3a}}{2} + \frac{Y_{4b}}{2}, Y_{4b} = \frac{Y_{4a}}{2} + \frac{Y_{4b}}{2}, Y_{5a} = \frac{Y_{4b}}{2} + \frac{Y_{5a}}{2}. \quad (2)$$

Итоговое положение пикселей показано на рис. 3.



**Рис. 3. Итоговое положение пикселей**

Повышение информативности изображений достигается посредством попеременной записи строк ультразвукового и магнитно-резонансного изображений в общее изображение. В общем изображении количество пикселей определяется как

$$n_u + n_m = 2n_{um}, \quad (3)$$

где  $n_u$  – количество строк кадра увеличенного ультразвукового изображения;  $n_m$  – количество строк кадра магнитно-резонансного изображения;  $2n_{um}$  – число строк кадра общего изображения.

При этом в результате формирования информативность после совмещения двух изображений в одно увеличилась в два раза относительно исходных изображений, что подтверждается формулой 3.

В процессе интерполяции, в результате которой каждый пиксель полученного изображения будет представлять собой усредненную информацию от двух соседних пикселей, информативность пикселя увеличивается в 2 раза:

$$n_{\text{left}} + n_{\text{right}} = 2n, \quad (4)$$

где  $n_{\text{left}}$  – пиксель слева;  $n_{\text{right}}$  – пиксель справа.

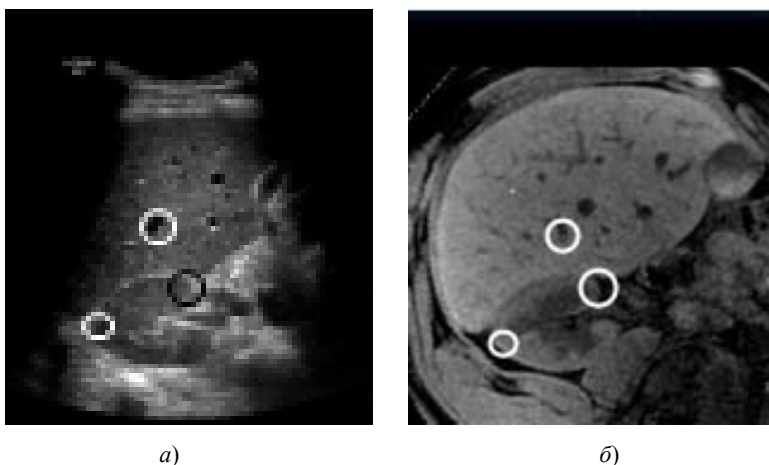
Итоговая формула информативности

$$2n_{\text{um}} + 2n = 4n. \quad (5)$$

В итоге, данный метод увеличивает информативность относительно исходных изображений в четыре раза.

Представленный алгоритм позволяет не только решить задачу совмещения разнодиапазонных изображений, но и сделать это даже, если изображения разноформатные. В качестве примера отобраны ультразвуковое и магнитно-резонансное изображения печени, причем исходно ультразвуковое изображение в 2 раза меньше. Для точности эксперимента были обозначены предположительно одинаковые зоны. Первоначальная задача состоит в приведении изображений к одному формату. Воспользуемся методом билинейной интерполяции [5, 6].

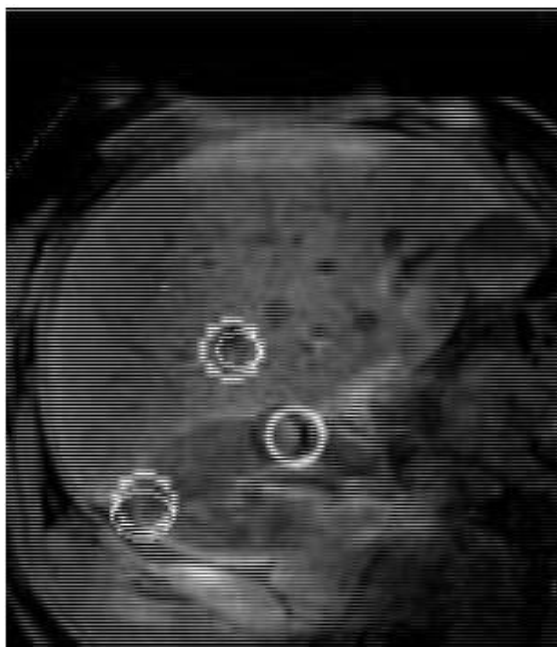
Исходные изображения представлены на рис. 4.



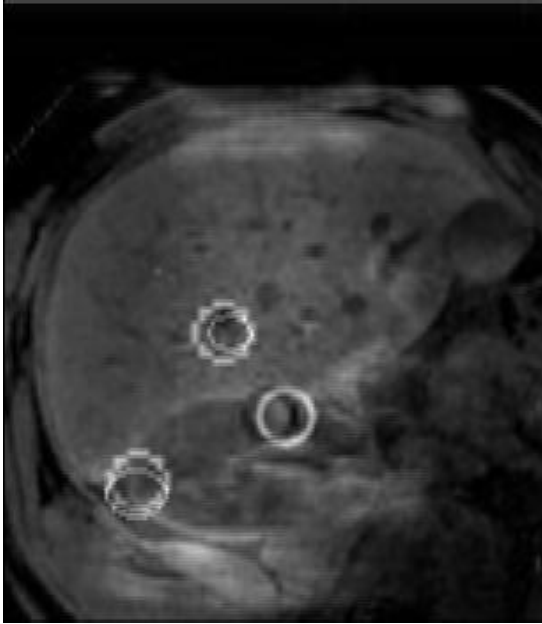
**Рис. 4. Исходные изображения:**  
*a* – ультразвуковое; *б* – магнитно-резонансное

После этого оба изображения «разрезаются», т.е. пиксели в новых изображениях идут в порядке: пустой пиксель, заполненный пиксель и т.д. Заполняем значения пустых пикселей по столбцам в обоих изображениях, строки при этом остаются пустыми. Далее изображения с пустыми строками подвергаются построчному совмещению. Выполненный на практике метод билинейной интерполяции позволил не только увеличить, но и совместить два изображения. В результате, полученное изображение поможет более детально изучить картину и не упустить некоторые немаловажные детали. На рис. 5 представлено изображение после совмещения.

Плюсом данной обработки является то, что изображение получается невытянутым и пропорции сохранены, поэтому операция децимации не требуется. Однако результат обработки несовершенен, так как на полученном изображении виден построчный эффект. С помощью последующей обработки получен результат, представленный на рис. 6.



**Рис. 5. Результат совмещения магнитно-резонансного и ультразвукового изображений**



**Рис. 6. Результат совмещения магнитно-резонансного и ультразвукового изображений с последующей обработкой**

Полученный результат полностью удовлетворяет, так как отсутствует построчный эффект и сохранены преимущества двух изображений, что облегчает анализ и помогает при дальнейшей постановке диагноза.

Таким образом, в предложенной работе представлена методика совмещения разноформатных изображений, которая позволяет повысить информативность медицинских изображений, а также исключить упущение каких-либо деталей при их анализе. Совмещение медицинских изображений способствует повышению достоверности поставленного диагноза и, как следствие, объективности назначенного лечения в случае установленной патологии.

#### **Библиографический список**

1. Противопоказания и ограничения МРТ-обследования. – Электронный ресурс. – <http://www.mrt.com.ua/mrt/restrictionsMRI.html>.
2. Осипов, Л. В. Ультразвуковые диагностические приборы: практическое руководство для пользователей / Л. В. Осипов. – М. : Видар, 1999. – 256 с.



3. Казначеева, А. О Устранение искажений магнитно-резонансных изображений / А. О. Казначеева ; под ред. С. А. Козлова // Современные технологии : сборник статей. – СПб. : СПбГУ ИМТО, 2003. – С. 140 – 145.

4. Билинейная интерполяция [Электронный ресурс]. – [http://ru.wikipedia.org/wiki/Билинейная\\_интерполяция](http://ru.wikipedia.org/wiki/Билинейная_интерполяция).

5. Грузман, И. С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман, В. С. Кричук, С. Г. Косых. – Новосибирск : НГТУ, 2002. – 352 с.

6. Фисенко, В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений / В. Т. Фисенко, Т. А. Фисенко. – СПб: СПбГУ ИМТО, 2008. – 197 с.

### References

1. Contraindications and limitations of MRI examination [Electronic resource]. – <http://www.mrt.com.ua/mrt/restrictionsMRI.html>.

2. Osipov L. V. Ultrasonic diagnostic devices: a practical guide for users / L. V. Osipov. – М. : Vidar, 1999. – 256 p.

3. Kaznacheeva A. O. About Eliminating distortions of magnetic resonance imaging / A. O. Kaznacheeva ; ed. S. A. Kozlov // Collection of articles «Modern technologies». – SPb : St. Petersburg State University IMTO, 2003. – P. 140 – 145.

4. The bilinear interpolation. – Electronic resource. – [http://ru.wikipedia.org/wiki/Билинейная\\_интерполяция](http://ru.wikipedia.org/wiki/Билинейная_интерполяция).

5. Gruzman, J. S. Digital image processing in information systems / J. S. Gruzman, V. S. Krichuk, S. G. Kosyh. – Novosibirsk : Novosibirsk State Technical University, 2002. – 352 p.

6. Fissenko, V. T. Computer processing and image recognition / V. T. Fissenko, T. A. Fissenko. – St. Petersburg: St. Petersburg State University IMTO, 2008. – 197 p.

УДК 621.396.965

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ТОКОВ НА ЧЕЛОВЕКА

**А. В. Лавринов<sup>1</sup>, В. В. Недосекин**  
**научный руководитель: к.т.н., доцент Т. А. Фролова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail:lavrinov.alexander@gmail.com)*

*Аннотация:* Изучен метод малых токов низкой частоты и их воздействия на организм человека. Разработка конструкторской документации для аппарата ЭС-2.

*Abstract:* Explored method of low-frequency currents and their effects on the human body. Development of design documentation for the device ES-2.

*Ключевые слова:* электросон, электротерапия, импульсный ток, электроды, электропроводность, биотехническая система, температура.

*Keywords:* electric, electrotherapy, surge current, the electrodes, conductivity, biotechnical system, temperature.

Электросон – это метод электротерапии, в основе которого лежит использование импульсных токов низкой частоты. Они оказывают непосредственное воздействие на центральную нервную систему. При этом вызывается ее торможение, приводящее ко сну. Данная методика нашла широкое применение в медицинских учреждениях разного рода.

Метод электросна был разработан в 1948 году группой советских ученых: Ливенцев, Гиляревский, Сегал и др. В странах запада данная методика называется электроаналгезия.

Для проведения процедуры применяются специальные аппараты. Они служат для генерирования импульсов напряжения постоянной полярности.

По своим характеристикам электросон близок к естественному сну. Его преимущества – оказание антиспастического и антигипоксического действий. Электросон не вызывает преобладания вагусных влияний.

Он также сильно отличается от медикаментозного сна. Данная процедура не дает осложнений и не приводит к интоксикациям [1].

Метод электросна широко применяется в медицине.

Заболевания, излечимые методом элетросонотерапии:

- Заболевания ЦНС (неврозы);
- Заболевания сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертония);
- Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки;
- Бронхиальная астма;
- Гормональные дисфункции;
- Половая недостаточность;
- Атопический дерматит;
- Экзема;
- Энурез;
- Инсульт и микроинсулт.

Исходя из заболеваний, излечимых благодаря этому методу, можно точно сказать, что метод электросна распространяется в первую очередь на область неврологии, так как бóльшая часть заболеваний лечится именно благодаря расслаблению человеческого организма во время процедуры, вследствие чего заболевания вызываемые стрессом, вылечиваются.

Элетросонотерапия – это метод лечебного воздействия на ЦНС человека импульсным током низкой частоты (1...150 Гц), малой силы (до 10 мА) и напряжением до 80 В.

Импульсные токи проникают в полость черепа через отверстия глазниц, они вызывают снижение восходящих активирующих влияний на кору головного мозга и усиливают внутреннее торможение. Также они активируют серотонинэргические нейроны дорсального шва. Серотонин приводит к снижению условно-рефлекторной деятельности и эмоциональной активности. У пациента наступает состояние дремоты или сна.

Элетросон способствует нормализации высшей нервной деятельности, улучшает кровоснабжение головного мозга, оказывает седативное и усыпляющее воздействие.

Эта процедура стимулирует процесс кроветворения в организме человека, нормализует свертываемость крови, активируется функция желудочно-кишечного тракта, улучшается деятельность выделительной и половой системы. Способствует снижению уровня холестерина в крови.

Воздействие импульсного тока на мозг человека приводит к выработке особых веществ – эндорфинов, которые необходимы человеку для хорошего настроения и полноценной жизни. Его можно назначать практически при любых видах заболеваний.

Частота импульсов подбирается специалистом индивидуально, при этом учитывается степень тяжести заболевания и общее состояние пациента. Обычная частота составляет 10...150 Гц, сила тока – до 10 мА, напряжение – 50...80 В.

Продолжительность сеанса может быть разной – от 30...40 до 60...90 минут. Чаще всего продолжительность процедуры зависит от характера протекания патологического процесса и от индивидуальных особенностей организма пациента. Для достижения положительного результата, процедуры следует проводить ежедневно или через день. Обычно на курс назначают 10...15 сеансов.

На рисунке 1 приведена схема ЭС-2.

Аппарат Электросон ЭС-2 обеспечивает генерирование импульсов тока низкой частоты прямоугольной формы в непрерывном режиме работы [2].

Колебания от аппарата ЭС-2 подводятся к электродам специальной маски, которая накладывается на область глазниц и затылочную часть головы.

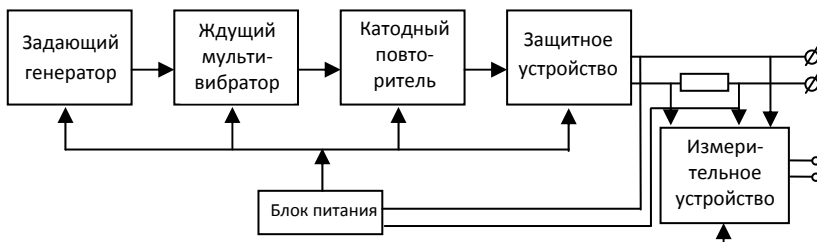


Рис. 1. Схема ЭС-2

### 1. Характеристики аппарата

Наименование	Значение
Питание от сети	220/50
Мощность, потребляемая от сети	25
Частоты следования импульсов	5, 10, 20, 40, 80, 100, 160
Относительная погрешность установки частоты не более %	20
Длительность импульсов	0,5
Габаритные размеры	108×300×315
Масса	3,5 кг

Аппарат Электросон ЭС-2 имеет повышенную степень защиты от поражения электрическим током и не требует защитного заземления.

Нами были изучены аппараты, работающие по методу воздействия малых токов. В качестве аппарата, для которого была разработана конструкторская документация, был выбран ЭС-2. В качестве аналогов стартового аппарата были выбраны следующие типы.

Первым аналогом является аппарат электротерапии EN-Stim 4 – малогабаритный четырехканальный ЧЭНС-аппарат последнего поколения для стимуляции мышц и обезболивания. Основное назначение – использование в спорте и реабилитации. 4 канала терапии позволяют проводить независимую стимуляцию до четырех различных мышц. Для уменьшения размеров подставка может отсоединяться.

Особенности:

- ЧЭНС аппарат последнего поколения;
- 30 встроенных протоколов обезболивания и стимуляции;
- Сохранение индивидуальных программ пользователя для их быстрого вызова;
- Компактные размеры и малый вес [4].

Вторым аппаратом мы взяли портативный одноканальный прибор «Радиус-01», предназначенный для лечения различных заболеваний методом электротерапии токами низкой частоты.

Сочетает в себе функции для:

- Расширенной амплипульстерапии (СМ Т1, СМТ2, СМТ3, СМТ4, СМТ5);
- Прибор можно успешно использовать в лечебно-профилактических и санаторных учреждениях, в стоматологическом кабинете или косметологическом салоне, а также для лечения больных на дому;
- Возможно применение в спортивной медицине и в частной медицинской практике.

Эксплуатационные возможности:

- возможность программирования оператором основных параметров часто используемых процедур;
- Возможность выбора несущей частоты (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 кГц).

В таблице 2 приведен итоговый сравнительный анализ характеристик аппаратов.

## 2. Сравнительный анализ характеристик аппаратов

	ЭС-2	EN-STIM 4	Радиус-01
Ток	2...8 мА	ЧЭНС	80 мА
Мощность	25 Вт	40 Вт	30 Вт
Вес	3,5 кг	1,5 кг	2,5 кг
Размеры	108×300×315	22×20×20 см	275×190×90 мм
Непрерывное время работы	10 часов	Встроенный таймер	8 часов
Сеть	220В	220В	220В
Количество каналов	1	4	2

Метод малых импульсных токов имеет широкую область применения в медицине. Непосредственно связан с неврологией.

Процедура оказывает релаксирующее действие, в результате которого снижается степень эмоционального напряжения, определенного по психофизиологическим показателям. Релаксирующий эффект применения электросна проявляется также в изменении показателей мышечного тонуса – снижении тонуса покоя, эластичности и остаточного тонуса, а также в повышении тонуса максимально произвольно напряженной мышцы. Подобные изменения сопровождаются увеличением функциональных возможностей мышц, что находит свое отражение в возрастании амплитуды мышечного тонуса.

Метод малых импульсных токов имеет перспективы развития вследствие больших проблем человечества с неврозами и заболеваниями, вызванными расстройствами нервной системы. Процесс эмоционально-напряженной деятельности спортсменов сопровождается улучшением специальной работоспособности спортсменов в тренировочном и соревновательном периодах.

Перспективами, с точки зрения развития аппаратов, является увеличение точности воздействия, лечение все большего числа заболеваний методом малых токов, исключая вредоносное влияние медикаментозного воздействия на организм человека.

Но самой главной перспективой, на мой взгляд, является создание аппарата для домашней терапии, который за счет правильно выбранной программы и удобного интерфейса заменит пациентам длительные курсы лечения в больнице.

За счет увеличения числа каналов можно воздействовать на большее число точек за меньшее время, но нельзя забывать, что для домашней медицины должны использоваться самые простые с точки зрения подключения и настройки аппараты, так как погрешность такого воздействия будет слишком высока.

При сравнительном анализе отечественных и зарубежных аналогов было выяснено, что стартовый аппарат не уступает своим аналогам в функциональных возможностях, а в частности, мы говорим о функции электросна.

### **Библиографический список**

1. Глушков, В. С. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы / В. С. Глушков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 123 с.
2. Шмидт, Р. Физиология человека / Р. Шмидт. – 2005. – 323 с.
3. Дегтярев, В. П. Нормальная физиология / В. П. Дегтярев. – 2006. – 736 с.
4. Зинчук, В. В. Нормальная физиология / В. В. Зинчук. – 2010. – 431 с.
5. Бажанов, Н. Н. Применение электросна у послеоперационных больных в условиях клиники черепно-лицевой хирургии / Н. Н. Бажанов. – М., 1981. – 108 с.

### **References**

1. Glushkov V. S. Medical devices, machines, systems and complexes. – M. : Publishing House of the MSTU Bauman, 2005. – 123 p.
2. Schmidt, R. Physiology of Person. – 2005. – 323 p.
3. Degtyarev V. P. Normal fiziologiya. – 2006. – 736 p.
4. Zinchuk V. V. Normal physiology. – 2010. – 431 p.
5. Bazhanov H. H. Application electrosleep postoperative patients at the clinic craniofacial surgery. – M., 1981. – 108 p.

УДК 12.04.421.7(07)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

К. Е. Швырева<sup>1</sup>, Ю. В. Сулова<sup>2</sup>,  
Е. И. Глинкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8953)7183386, e-mail: aksyutka.shvyreva@mail.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8910)8586459, e-mail: popova21.04@mail.ru).

<sup>3</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: glinkinei@rambler.ru)

*Аннотация:* На основе закона идеального конечного результата по вектору эффективности систематизированы методы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы для синтеза способа инновации, выявляющего патологию у пациентов на ранних стадиях развития заболеваний для своевременного лечения.

*Abstract:* In this paper, based on the law of the ideal final result for vector efficiency systematized methods of diagnosis of diseases of the cardiovascular system for the synthesis method-innovation, which identifies abnormalities in patients in the early stages of the disease for early treatment.

*Ключевые слова:* диагностика сердечно-сосудистой системы, закон идеального конечного результата, методы диагностики сердечно-сосудистой системы, диагностика ишемической болезни сердца, способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы.

*Keywords:* diagnosis of the cardiovascular system, Law Ideal Final Result, methods of diagnosis of the cardiovascular system, diagnosis of coronary heart disease, method of functional diagnostics of the cardiovascular system.

В настоящее время заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) продолжают оставаться одной из самых актуальных проблем во многих странах мира, в том числе и в России, несмотря на существен-



ные продвижения в создании новейшего медицинского оборудования для диагностики и лечения заболеваний ССС. Известно, что за последние семь лет больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы стало больше в полтора раза, но 80% заболеваний ССС удастся предотвратить, если обнаружить патологию на ранних стадиях развития. Поэтому методы ранней диагностики ССС приобретают особое место в области медицины, в частности, кардиологии. Особенно, если это экспресс-диагностика, благодаря которой можно быстро, эффективно, а самое главное – точно определить состояние ССС, что без сомнения, важно для каждого человека.

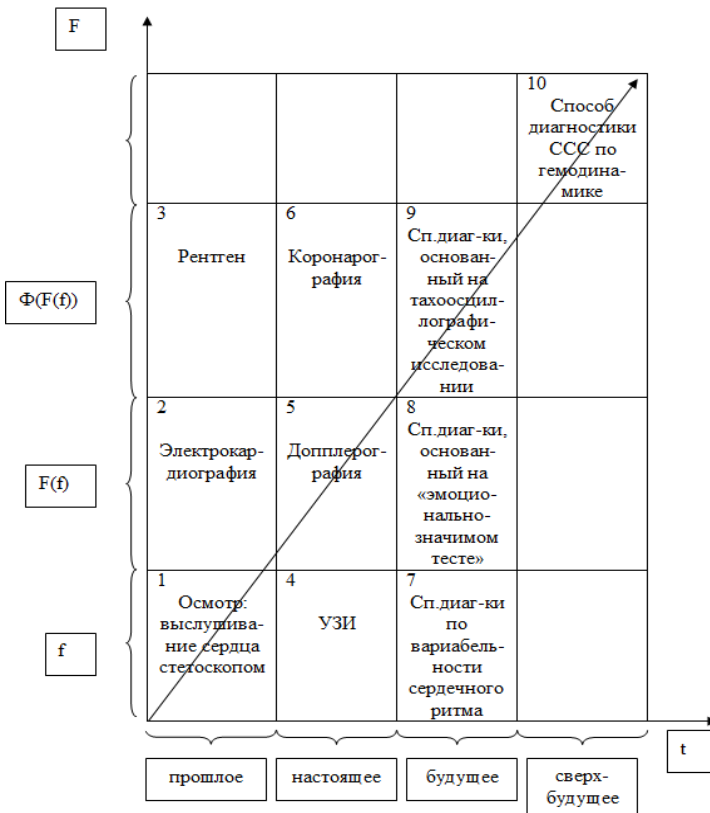
Цель работы – разработка способа функциональной диагностики состояния ССС, способного не только выявить зарождающуюся патологию, но и максимально точно оценить состояние ССС пациента в целом за короткий промежуток времени, чтобы предпринять своевременное лечение. Для достижения поставленной цели был проведен литературно-патентный поиск научных работ по теме исследования, что позволило выявить недостатки существующих способов диагностики. А с помощью закона [1] идеального конечного результата (ИКР), предложенного Г. С. Альшуллером, по вектору эффективности синтезированы методы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы для выявления оптимально решения, т.е. способа, способного обнаружить патологию у пациентов на ранних стадиях развития заболеваний для оказания своевременного лечения больному.

Закон идеального результата – это один из законов кинематики, позволяющий систематизировать по вектору эффективности развитие технической системы и предопределить конечный результат, который возникнет только в будущем.

Закон идеального результата реализует «метод 9 экранов». Декартова система координат, где по оси  $t$  отложено время, а по оси  $F$  – подсистема  $f$ , система  $F(f)$  и надсистема  $\Phi(F(f))$ , которая делится на девять сегментов (экранов). В центральном экране 5 помещают модернизируемый объект, а остальные сегменты матрицы заполняют в соответствии с осями координат.

Идеальный конечный результат определяется вектором эффективности по возрастанию веса осей координат на 10-м экране, располагающемся справа по оси времени  $t$  и сверху по оси функции  $F$  [1, 2].

Из патентного анализа рассмотрены основные методы диагностики ССС на примере ишемической болезни сердца (ИБС), представленные в виде матрицы ИКР (рис. 1).



**Рис. 1. Матрица ИКР с размещенными на ней методами диагностики ССС**

Современная кардиология использует самые совершенные методы диагностики и лечения. К примеру, первоначально врач обходился только осмотром, включающим выслушивание сердца с помощью стетоскопа (экран 1), а спустя столетия кардиологи стали использовать сложные, но более эффективные методы диагностики.

Одним из таких является рентген (экран 3), который входит полностью или частично в состав весьма важных и серьезных методов диагностики ишемической болезни сердца. Рентгеновские лучи со временем стали применять в инвазивных методах диагностики. Одним самых известных и часто применяющихся методов является коронарография (экран 6).

Современные аппараты УЗИ (экран 4) позволяют не только увидеть структуру сердца, но и оценить состояние кровотока по его сосудам. Такое стало возможным благодаря доплерографии (экран 5). На экране монитора врач может видеть патологический выброс крови в полости сердца, оценить скорость кровотока по коронарным артериям, состояние стенки сердца и его клапанов.

Но до применения УЗИ самым основным и самым старейшим методом диагностики ИБС являлась электрокардиография (ЭКГ) (экран 2). Этот метод безусловно безопасен, прост и дешев. ЭКГ позволяет врачу узнать, как реагирует сердечная мышца на ту или иную нагрузку [6].

Известен способ [3] функциональной диагностики состояния реактивности сердечно-сосудистой системы, основанный на регистрации артериального систолического и диастолического давления после воздействия эмоциональных нагрузок на пациента при помощи «эмоционально-значимого теста» с последующим определением коэффициента эмоциональной лабильности, являющимся функцией измеренных значений давлений и частоты сердечных сокращений (экран 8).

Данный способ выявляет влияние речевого фактора на сердечно-сосудистую систему, но не позволяет определить состояние ССС в целом.

Известен способ диагностирования сердечно-сосудистой системы [4], в котором состояние сердечно-сосудистой системы пациента оценивается по вариабельности сердечного ритма (экран 7). Для этого регистрируют кардиоинтервалы плетизмограммы пациента и осуществляют обработку полученного сигнала путем построения на основе последовательности кардиоинтервалов автокорреляционной функции, преобразования автокорреляционной функции в автокорреляционную матрицу и выделения информативных признаков о состоянии сердечно-сосудистой системы пациента, выраженных в виде обобщенного показателя состояния здоровья пациента.

Недостатком способа диагностирования сердечно-сосудистой системы является сложность интерпретации данных, что снижает оперативность диагностирования и не позволяет осуществить экспресс-контроль за состоянием сердечно-сосудистой системы пациента.

Известен способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы [5], основанный на тахоосциллографическом исследовании и регистрации минимального, среднего и максимального артериального давления до и после физической нагрузки пациента с последующим определением коэффициента компенсации-декомпен-

сации, по которому судят о перенапряжении сердечно-сосудистой системы (экран 9).

Недостатком данного способа является низкая метрологическая эффективность, обусловленная невысокой объективностью из-за малого числа критериев оценки состояния сердечно-сосудистой системы, определяемых по ненормируемым мерам.

В 10 экране представлен способ функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы, основанный на показании нескольких параметров гемодинамики, в частности, для экспресс-диагностики.

Технической задачей инновации является повышение метрологической эффективности, а именно, объективности диагностики состояния сердечно-сосудистой системы за счет определения действительного значения взвешенных критериев оценки показателей гемодинамики в адаптивном диапазоне с прогнозируемыми точностью и погрешностью. Для этого в способе функциональной диагностики состояния ССС при расчете диагностического коэффициента регистрируют и исследуют некоторое количество параметров гемодинамики, учитывают их вес по экспертной оценке, после чего нормируют полученные значения по диапазону приведенной погрешности.

Поскольку вектор развития проходит от 1-го, через 5-й и 9-й, непосредственно к 10-му экрану, то идеальным решением будет являться способ функциональной диагностики ССС по гемодинамике, основанный на регистрации нескольких показателей гемодинамики, математической обработке полученных данных с последующим расчетом диагностического коэффициента, по диапазонам которого судят о состоянии ССС пациента в целом. А способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы, основанный на тахоосциллографическом исследовании, расположенный в экране с номером 9, будет самым ближним аналогом, и, следовательно, его прототипом.

Таким образом, методом 9 экранов систематизированы по функции развития способы диагностики ССС во времени (вчера, сегодня, завтра) для выявления вектора развития с идеальным конечным результатом в 10 экране. Вектор развития направлен от осмотра 1 (дальнего аналога) через аналог-доплерографию 5 к прототипу-тахосциллографии 9 и позволяет сравнить в наглядной форме и выявить недостатки аналогов. Идеальным конечным результатом по вектору развития предложен метод диагностики, учитывающий недостатки новых методов, так как является оптимальным решением. Способ функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы, основанный на параметрах гемодинамики, является быстрым и более надеж-

ным методом по сравнению с традиционными. А также он позволит наиболее объективно определить заболевания ССС на ранних стадиях или предрасположенность пациента к развитию конкретного заболевания.

### Библиографический список

1. Альтшуллер, Г. С. Найти идею / Г. С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука, 1986. – 210 с.
2. Глинкин, Е. И. Техника творчества / Е. И. Глинкин. – Тамбов : ТГТУ, 2010. – 165 с.
3. Пат. 2186518 РФ МПКА 61В 5/02. Способ функциональной диагностики состояния реактивности сердечно-сосудистой системы / Г. Н. Окунева, О. В. Цвелодуб, Н. И. Вострецов, Н. Н. Аверко, О. М. Якутова // Открытия, изобретения. – 2002.
4. Пат. 2442529 РФ по кл. А61В 5/0295. Способ диагностирования сердечно-сосудистой системы / В. Г. Андреев, Е. В. Коновалов, В. И. Кошелев, А. А. Кирьяков // Открытия, изобретения. – 2012. – № 5.
5. Пат. 2482787 РФ по кл. А61В 5/02. Способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы / Е. Я. Гаткин, А. М. Сударев, А. Я. Грабовщинер, В. Г. Исупов // Открытия, изобретения. – 2013. – № 15.
6. Стенокардия / профилактика инфаркта // ИБС – Ишемическая Болезнь Сердца [Электронный ресурс]: электронная библиотека. – Режим доступа : <http://www.heart-attack.ru/>

### References

1. Altshuller G. S. Find the idea. – Novosibirsk: Nauka, 1986. – 210 p.
2. Glinkin E. I. Technique work. – Tambov: TSTU, 2010. – 165 p.
3. Pat. 2186518 RF МПКА 61В 5/02. A method of diagnosing the state of reactivity of functional cardiovascular / G. N. Okuneva, O. V. Tsvelodub, N. I. Vostretsov, N. N. Averko, O. M. Yakutova // Discovery invented. – 2002.
4. Pat. 2442529 Russian Federation on the cells. А61В 5/0295. A method of diagnosing cardiovascular / V. G. Andreev, E. V. Konovalov, V. I. Koshelev, A. A. Kirjakov // Discovery invented. – 2012. – № 5.
5. Pat. RF №2482787 of cells. А61В 5/02. The method of functional diagnostics of the cardiovascular system / E. Y. Gatkin, A. M. Sir, A. J. Grabovschiner, V. G. Isupov // Discovery invented. – 2013. – № 15.
6. Angina pectoris / prevention of heart attack// CHD – coronary heart disease [Electronic resource]: digital library. – Access: <http://www.heart-attack.ru/>

УДК 12.04.421.7(07)

## РАЗРАБОТКА МЕДИЦИНСКОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОЧЕК АКУПНКТУРЫ

**О. В. Проткина, Т. А. Фролова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: frolova@mail.gaps.tstu.ru)*

*Аннотация:* Разработано устройство для оценки биологической активности точек акупунктуры, осуществлено сопряжение с компьютером посредством использования COM – порта компьютера. Рассмотрены методы рефлексотерапии и устройства для их осуществления, методики проведения оценки биологической активности точек акупунктуры.

*Abstract:* A device for evaluating the biological activity of the acupuncture points, accomplished pairing with your PC, by using the COM – port. The methods of acupuncture and devices for their implementation, methods of estimating the biological activity of the acupuncture points.

*Ключевые слова:* рефлексотерапия, точки акупунктуры, биологически-активные точки, метод Р. Фолля, биологическая активность, электропроводность, биотехническая система, операционный усилитель, температура, рН-среды, COM-порт.

*Keywords:* reflexology, acupuncture points, bioactive points, the method of R. Voll, biological activity, electrical conductivity, biotechnical system, an operational amplifier, temperature, pH environment, COM-port.

В последние годы метод электропунктурой диагностики биологически активных точек (БАТ) рассматривается как одно из перспективных направлений комплексной оценки и коррекции состояния здоровья человека [1, 2]. Положительным фактором такой диагностики является единая система оценки результатов измерений электропроводности для всех органов, тканей и взаимосвязанных с ними точек акупунктуры (ТА). Кроме того, при исследовании пациента не происходит нарушения целостности кожных покровов, облучения его рентгеном, отпадает необходимость глотать зонд. Метод оценки биологической активности ТА позволяет выявлять скрытые или латентные очаги инфекции и определять их влияние на иммунную реактивность организма человека, проводить раннюю диагностику различных предпатологических нарушений во взаимосвязанных с БАТ органах и тканевых системах на доклиническом этапе развития

болезни, когда ее симптомы не выражены или отсутствуют. Благодаря этому методу возможна расшифровка неясных, клинически сложных случаев.

Среди недостатков метода оценки биологической активности ТА можно выделить относительно большое количество информации, трудной для наглядного восприятия (табличный способ), и осуществление влияния тестовым током на БАТ человека, что является нежелательным фактором при получении диагностики.

Использование в медицине новых средств измерения и компьютерной обработки данных резко расширили возможности диагностики [3]. Реальностью является контроль десятков параметров жизнедеятельности в динамике. Но организм пациента является системой нелинейной, поэтому невозможно получить полностью достоверную картину его работы путем суммирования отдельных параметров. На фоне этого метод оценки биологической активности АТ приобретает все большую актуальность, так как позволяет представить целостную картину состояния организма.

Нами проводятся исследования в плане разработки устройства для оценки биологической активности точек акупунктуры. При этом была поставлена задача создания такого устройства, которая позволила бы оценить состояние БАТ не только за счет измерения их проводимости, но и таких важных параметров, как температура и рН участка кожного покрова, поскольку только наличие информации о совокупности этих параметров дает возможность проведения всесторонней диагностики состояния организма, ведь для каждого пациента они носят индивидуальный характер. Поставленная задача была решена тем, что в устройство для оценки биоэлектрической активности ТА, выбранное в качестве прототипа, были дополнительно введены новые элементы и связи, которые обеспечили выделение необходимых параметров БАТ: температуры и рН-среды.

Значимость разработанного устройства для медицины трудно переоценить. Уникальность его терапевтических возможностей заключается в способности измерять слабый биоэлектрический сигнал от ТА на фоне преобладающих собственных шумов элементов измерительной схемы, без повреждения всех типов нервных волокон человеческого тела; в возможности добиться успеха при любых заболеваниях, а также в достижении эффекта во время лечения или сразу после лечения в большинстве острых случаев. Разработанное устройство, работающее по методу Р. Фолля, позволяет выявлять скрытые или латентные очаги инфекции и определять их влияние на иммунную реактивность организма человека, проводить раннюю диагностику различных предпатологических нарушений во взаимосвязанных с БАТ органах и тканевых системах на доклиническом этапе

развития болезни, когда ее симптомы не выражены или отсутствуют. Не менее важными достоинствами данного устройства являются портативность, автономность и простота использования, так как для его применения не требуется специального медицинского образования.

В перспективе дальнейшей разработки устройства для оценки биологической активности ТА возможно создание диагностическо-терапевтического комплекса, использование которого позволит полностью визуализировать процесс диагностики, создавать и распечатывать отчет-рекомендации, хранить, редактировать и обрабатывать базу данных, что в свою очередь, поможет экономить на «чистом» заполнении и ведении медицинской документации – 70%, а в целом – 50% рабочего времени. Компьютерная электропунктурная диагностика по методу Р. Фолля сделает возможной автоматическую регистрацию показателей измерений, оперативную статистическую обработку полученных данных для оценки функционального состояния организма больного, поддержание в консультативном режиме обширного справочного материала по электропунктурной диагностике, рефлексотерапии.

### **Библиографический список**

1. Власов, В. В. Эффективность диагностических исследований : монография / В. В. Власов. – М. : Медицина, 1988. – 256 с.
2. Волгин, Л. И. Аналоговые операционные преобразователи для измерительных приборов и систем / Л. И. Волгин. – М.: Энергоатомиздат, 1983.– 208 с.
3. Гусев, В. Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него / В. Г. Гусев. – М. : Машиностроение, 2004. – 581 с.

### **References**

1. Vlasov V. V. Effektivnost diagnostic studies. Monograph. – M. : Copper-ching, 1988. – 256 with.
2. Volgin L. I. Analog converters for operating devices and sistem. – izmeritelnyh. – M. : Energoatomizdat, 1983. – 208 p.
3. Gusev V. G. Getting information about the parameters and characteristics of the body and physics-cal methods of exposure to VG // Gusev. – M. : Engineering, 2004. – 581 p.



УДК 004.942

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОППЛЕРОВСКОГО УГЛА И СКОРОСТИ ПОТОКА В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Д. А. Петров<sup>1</sup>, С. Г. Проскурин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (Тел. +79156777588 e-mail: den794@mail.ru).

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (Тел. (4752)635620 e-mail: spros@tmb.ru)

*Аннотация:* Описан способ получения скорости потока в оптической когерентной томографии, в котором определение Допплеровского угла осуществляется с помощью измеренных значений составляющих полного вектора скорости, а также основные методы компьютерной пост-обработки результатов, позволяющей повысить эффективность методики. Экспериментально доказано, что рассчитанные с помощью данного способа значения скорости совпадают с действительными.

*Abstract:* Technique of determining flow velocity in optical coherence tomography, in which determining of the Doppler angle is performed using measured components of full velocity vector and main details of post processing algorithm are described. The experiment showed high accuracy of the described methods.

*Ключевые слова:* угол Допплера, эффект Допплера, оптическая когерентная томография, скорость потока, постобработка.

*Keywords:* Doppler angle, Doppler effect, optical coherence tomography, flow velocity, post-processing.

Допплеровская оптическая когерентная томография (ДОКТ) – неинвазивная методика определения скорости потока жидкости в оптически мутных средах, к которым также относятся и биологические ткани. ДОКТ является функциональным дополнением к оптической когерентной томографии (ОКТ) (проведение ДОКТ диагностики осуществляется на той же установке, что используется и в классических ОКТ исследованиях) [1]. Оценка скорости кровотока с помощью ДОКТ в офтальмологии позволяет диагностировать такие заболевания, как глаукома, диабетическая ретинопатия и возрастная макулярная дегенерация. Так же данный метод нашел свое применение в дерматологии.

Основным звеном ДОКТ-системы чаще всего является интерферометр Михельсона. Свет от источника излучения разделяется в интерферометре на две части, одна из которых идет в опорное плечо, где находится движущееся зеркало, а вторая – в объектное плечо, где находится исследуемый образец. После отражений от зеркала и от оптических неоднородностей световые пучки снова сводятся вместе, и в том случае, если свет в объектном плече отразится от движущихся частиц потока, возникает Допплеровский сдвиг интерференционного сигнала  $f_D$ , который будет пропорционален искомой скорости потока  $v_s$ :

$$f_D = 2v_s \cos(\alpha_d) / \lambda,$$

где  $\alpha_d$  – Допплеровский угол, а  $\lambda$  – длина волны светового пучка.

В современных ДОКТ системах точное определение Допплеровского угла зачастую является довольно сложной задачей, и его неправильное измерение приводит к погрешности до 50% при исследованиях как *in vitro*, так и *in vivo*. Имеющиеся на данный момент методики определения Допплеровского угла имеют свои недостатки, например применение призмы Волластона в объектном плече интерферометра оказалось довольно эффективным для точного измерения угла в некоторых отдельных случаях, но для исследования большинства реальных биологических систем методика является неприменимой, так как равенство оптических путей в обоих каналах оказалось практически недостижимым. Соответственно, способ измерения Допплеровского угла, который позволяет определить его до проведения исследования или эффективно оценить его значение после него, является важным шагом в развитии ДОКТ. В представленной работе описана методика, позволяющая измерить значение Допплеровского угла, минуя ограничения способов, существующих на данный момент.

Когда скорость потока достаточно велика, в спектре мощности возникает уширение, связанное с тем, что движущиеся частицы потока пересекают световой поток [2, 3]. При этом мощность сигнала определяется как

$$P(f) = \frac{A_r}{\sigma} \exp \left[ - \left( \frac{f - f_0}{\sigma} \right)^2 \right] \sum_n A_n \exp(-i2\pi f t_n),$$

где  $A_r$  и  $A_n$  – амплитуда светового излучения, возвращающаяся из опорного плеча, и амплитуда излучения, отраженного от  $n$ -й частицы потока;  $f_0$  – Допплеровский сдвиг частоты;  $t_n$  – время, а  $\sigma$  – стандартный разброс частот, который можно найти следующим образом:

$$\sigma = \frac{V_t}{\sqrt{2\pi\omega_0}} + \frac{f_0\Delta\lambda}{\lambda_0} + \sigma_0,$$

где  $V_t$  – поперечная скорость частицы;  $\Delta\lambda$  – ширина спектра источника излучения;  $\sigma_0$  – константа, определяемая функцией рассеяния точки системы.

После программной фильтрации сигнала можно получить искомые скорости:

$$V_t = \sqrt{2t\omega_0} \left( \sigma - f_0 \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} - \sigma_0 \right);$$

$$V_l = f_0 \frac{\lambda_0}{2},$$

где  $V_l$  – продольная скорость потока, а  $V_t$  – поперечная, с помощью которых находится значение Допплеровского угла

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_t}{V_l}\right).$$

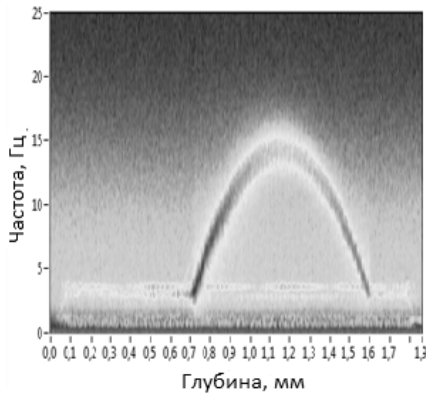
В полученной спектрограмме сигнала (рис. 1) присутствуют различного рода шумы, которые могут повлиять на точность получаемого значения скорости, поэтому для повышения точности методики необходима дополнительная программная пост-обработка сигнала.

В диапазоне частот 2,5...4,5 Гц возникает равномерно распределенный аддитивный шум. Его удаление особенно необходимо в том случае, если угол сканирования небольшой, так как в этом случае бóльшая часть сигнала будет лежать именно в этом диапазоне частот. Устранение этого шума производится путем нахождения среднего значения в частотах с аддитивным шумом

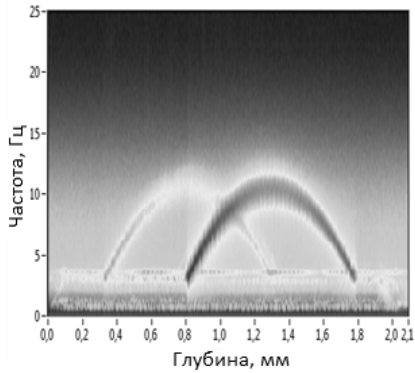
$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i,$$

где  $A_i$  – амплитуда на данной частоте в  $i$ -й ячейке. После этого среднее значение вычитается из всех элементов на данной частоте.

При некоторых углах сканирования на спектрограмме возможно появление отраженной составляющей (рис. 1, б). Данная составляющая проявляет себя как параболический профиль такой же ширины и амплитуды, что и истинный сигнал, но сдвинутый по частоте и имеющий меньшую интенсивность. При этом отраженная составляющая пересекает профиль, возникающий от частиц движущегося потока, поэтому его всегда можно отличить от искомого сигнала. Для удаления этого артефакта первоначально производится программный поиск участка



а)

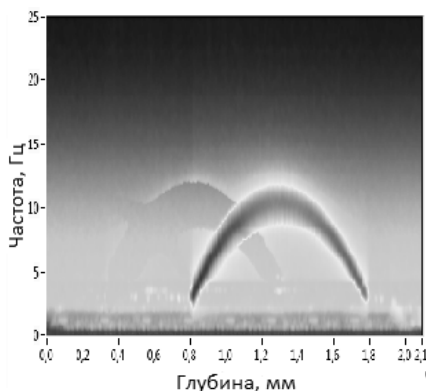


б)

**Рис. 1. Спектрограмма сигнала без отраженной составляющей (а) и с ней (б)**

спектрограммы, содержащего искомым сигнал, после чего данный участок вычитается из области, содержащей отраженную составляющую, но, что очень важно, в точках пересечения вычитание не производится.

После спектрального вычитания среднего значения и вычитания из участка с отраженной составляющей возможно появление элементов, где интенсивность будет принимать отрицательные значения, что может создать некоторые трудности при логарифмическом представлении сигнала, поэтому данные элементы заполняются значениями интенсивностей из области спектрограммы, где нет сигнала и шума.



**Рис. 2. Спектрограмма сигнала после программной фильтрации шумов**

Анализ полученной спектрограммы после компьютерной пост-обработки (рис. 2) позволяет получить продольную и поперечную скорости потока, по которым рассчитывается значение Доплеровского угла и полная скорость.

Для проверки представленной методики был произведен ряд экспериментов при различных углах сканирования и скоростях потока (табл. 1). Исследование производилось с помощью специальной установки, в которой жидкость с оптическими характеристиками, соответствующими таковым у крови, перекачивалась по сосуду с помощью специального насоса. Погрешность полученных значений скорости и Доплеровского угла не превышает 3%

### 1. Параметры страницы

Установленные значения		Измеренные значения	
угол (градусы)	скорость (мм/с)	угол (градусы)	скорость (мм/с)
90	38,2	89,72	38,8
	26,5	89,54	27,4
	19,4	89,39	20,3
83	38,2	82,84	39,0
	26,5	82,59	27,3
	19,4	82,40	20,1

Согласно результатам эксперимента, представленная методика позволяет эффективно оценить значение Доплеровского угла и полного вектора скорости. Возможность применения данной методики в клинических условиях остается открытым вопросом, что и будет являться следующим этапом исследований.

### **Библиографический список**

1. Wojtkowski, M. High-speed optical coherence tomography: basics and applications Appl. Opt. – 2010. – V. 49, № 16. – D30 – D61.
2. S. G. Proskurin, Y. He, R. K. Wang, Determination of flow velocity vector based on Doppler shift and spectrum broadening with optical coherence tomography. Optics Letters, 2003. – V. 28, pp. 1227 – 1229.
3. Proskurin S. G., Potlov A. Yu., Frolov S. V. One specific velocity color mapping using optical coherence tomography. Journal of Biomedical Optics, 20(5). – 2015. – P. 0510341 – 0510346.

### **References**

1. Wojtkowski, M. High-speed optical coherence tomography: basics and applications Appl. Opt. – 2010. – V. 49, № 16. – D30 – D61.
2. S. G. Proskurin, Y. He, R. K. Wang, Determination of flow velocity vector based on Doppler shift and spectrum broadening with optical coherence tomography. Optics Letters, 2003. – V. 28, pp. 1227 – 1229.
3. Proskurin S. G., Potlov A. Yu., Frolov S. V. One specific velocity color mapping using optical coherence tomography. Journal of Biomedical Optics, 20(5). – 2015. – P. 0510341 – 0510346.

**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА  
И ТЕПЛОТЕХНИКА**

УДК 536.21

## **МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

**А. Ю. Ярмизина<sup>1</sup>, Н. Ф. Майникова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89531296489, e-mail: nastja-jarmizina@rambler.ru).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (e-mail: maynikova.nf@yandex.ru).*

*Аннотация:* Исследовано распределение температуры в полимерно-металлическом изделии от действия круглого нагревателя постоянной мощности. Результаты численного исследования позволяют сделать вывод об одномерном распространении тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплопереноса для локальной области изделия. Выполнена практическая реализация НК-толщины покрытий металлических изделий.

*Abstract:* The distribution of temperature in the polymer-metal product from the action of the round heater constant power. The results of numerical studies suggest about one-dimensional propagation of heat through the thickness of the coating and the implementation of the regime for the regularization of the heat transfer area of the local products. Submitted practical implementation of non-destructive testing of coating thickness of metal products.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, поливинилиденфторид, пенополиуретан, политетрафторэтилен, полимерно-металлическое изделие, температурное поле, тепловой анализ, численный расчет.

*Keywords:* nondestructive testing, polyvinylidene fluoride, polyurethane, polytetrafluoroethylene, polymer-metal product, temperature field, thermal analysis, numerical calculation.

Эффективность работы энергетических объектов и предприятий жилищно-коммунального хозяйства характеризуется показателями качества, надежности и безопасности используемых многослойных изделий, достижение которых невозможно без современных методов и мо-



бильных средств НК, позволяющих определять теплофизические свойства многослойных материалов, а также конструктивные размеры и дефекты готовых изделий после их изготовления и во время эксплуатации.

Приборы, позволяющие выполнять тепловой анализ многослойных объектов (теплофизических свойств, толщины и др.), в основном используют разрушающие методы контроля и имеют высокую стоимость. Создание недорогого мобильного прибора, реализующего контактный тепловой метод НК-качества (толщины различных нарушений сплошности и однородности материала, определение очагов коррозии, трещин, внутренних расслоений и др. дефектов) металлических и пластиковых труб, котлов, сосудов, обшивок, многослойных конструкций – актуально.

Детальное исследование температурных полей, контроль наличия включений, дефектов в полимерных покрытиях стальных изделий представлены в работах [1 – 3].

Данная работа посвящена исследованию работоспособности метода и измерительной системы (мобильного прибора) для неразрушающего определения толщины защитных покрытий на металлических основаниях.

Представлена численная реализация метода на трех вариантах полимерно-металлических изделий и экспериментальная проверка работоспособности метода и мобильной системы неразрушающего контроля толщины покрытия из политетрафторэтилена (ПТФЭ) на стальной пластине.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи: выбрана измерительная схема метода с плоским источником тепла постоянной мощности; численно и экспериментально исследована упрощенная математическая модель, позволяющая определять толщину слоя полимерного покрытия по температурным откликам на тепловое воздействие от источника тепла.

Применен следующий подход к получению аналитического решения для НК.

Использован круглый плоский источник тепла, расположенный на поверхности полуограниченного в тепловом отношении объекта. Учтено, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности. Данное свойство доказано А. В. Лыковым. Матема-

тическая модель, описывающая термограмму, в данном случае чаще всего является линейной по параметрам или легко линейризуется. Однако основная часть этих методов базируется на моделях для тех конечных размеров. Применительно же к методам НК следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для определенной (локальной) области тела. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термодриемника.

Измерительная схема метода представлена на рис. 1.

На металлической пластине с низкотеплопроводным покрытием толщиной  $h_1$  расположен измерительный зонд (ИЗ), включающий в себя плоский круглый нагреватель, теплоизолирующую подложку и термодриемники [4].

Рассматриваемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – низкотеплопроводный с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, \rho_1$ ; второй – высокотеплопроводный с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, \rho_2$ . Толщина первого слоя –  $h_1$ , второго –  $h_2$ . Температура в точках контроля измеряется с помощью термодриемников (ТП 1, ТП 2).

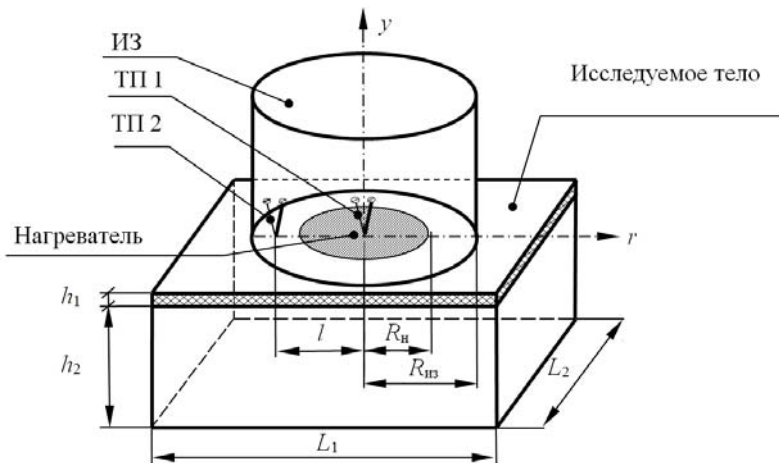


Рис. 1. Измерительная схема метода

На систему с равномерным начальным температурным распределением тепловое воздействие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R_H$ , встроенного в подложку измерительного зонда, выполненную из рипора, радиусом  $R_{ИЗ}$ .

Размеры подложки измерительного зонда и металлической пластины ( $L_1, L_2, h_2$ ) подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Для упрощения тепловой схемы и расчетов пренебрегаем теплоемкостью и оттоками тепла по проводам теплоприемников.

Тепловая схема многослойной системы представлена на рис. 2.

Получена и исследована упрощенная математическая модель, описывающая термограмму.

Выполнены численная и практическая реализации НК толщины покрытий металлических изделий.

Результаты численного исследования позволяют сделать вывод об одномерном распространении тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплопереноса для локальной области изделия.

Реализация и результаты экспериментов подтверждают работоспособность метода и ИС НК толщины полимерных, керамических и других низкотеплопроводных неметаллических покрытий на изделиях из металлов.

Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле, а также анализ погрешностей метода выполнен по аналогии с работами [5 – 7].

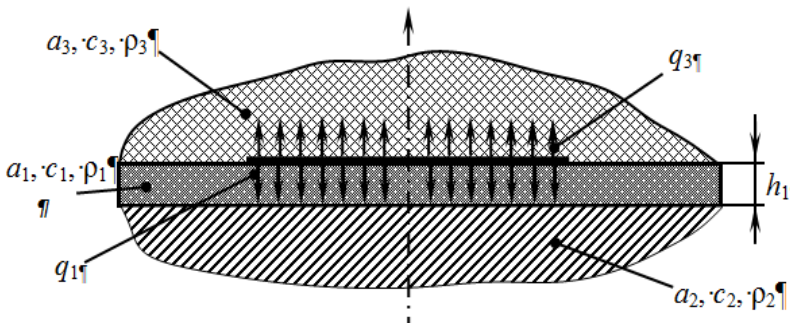


Рис. 2. Тепловая схема метода

Реализацию неразрушающего контроля качества полимерных покрытий на стальных основаниях согласно представленному и исследованному в данной работе методу возможно осуществлять с помощью измерительных систем, детальное описание которых представлено в работах [6 – 8].

### Библиографический список

1. Исследование температурных полей в методе неразрушающего контроля двухслойных полимерно-металлических изделий / А. Ю. Ярмизина, Д. Г. Бородавкин, А. А. Сычев, К. С. Хромый // Молодой ученый: Ежемесячный научный журнал. – 2014. – № 13(72). – С. 40 – 44.
2. Определение дефектов в полимерно-металлических изделиях / А. Ю. Ярмизина, Д. В. Трофимов, К. С. Хромый, Н. П. Жуков // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докладов 2-й Междунар. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В. – 2015. – С. 377 – 379.
3. Ярмизина, А. Ю. Температурное поле в двухслойном полимерно-металлическом изделии / А. Ю. Ярмизина, К. С. Хромый // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : материалы науч.-студен. конф. – Тамбов, 2015. – Вып. 6. – С. 15 – 18.
4. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23) – С. 93 – 99.
5. Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле / Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, А. А. Балашов, С. С. Никулин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2006. – Т. 12, № 3-1. – С. 610 – 616.
6. Майникова, Н. Ф. Измерительная система и метод неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах / Н. Ф. Майникова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – №1 – С. 56 – 61.
7. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 2. – С. 153–154.
8. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 4. – С. 164 – 166.

## References

1. Issledovaniye temperaturnykh poley v metode nerazrushayushchego kontrolya dvukhsloynnykh polimerno-metallicheskih izdeliy / A. Yu. Yarmizina, D. G. Borodavkin, A. A. Sychev, K. S. Khromyy // Molodoy uchonyy: Yezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal. – 2014. – № 13 (72). – S. 40 – 44.
2. Opredeleniye defektov v polimerno-metallicheskih izdeliyakh / A. Yu. Yarmizina, D. V. Trofimov, K. S. Khromyy, N. P. Zhukov // Aktual'nyye problemy energosberezheniya i energoeffektivnosti v tekhnicheskikh sistemakh: tezisy dokladov 2-oy Mezhdunar. konf. – Tambov: Izd-vo Pershina R.V. – 2015. – S. 377 – 379.
3. Yarmizina, A. Yu. Temperaturnoye pole v dvukhsloynom polimerno-metallicheskih izdelii / A. Yu. Yarmizina, K. S. Khromyy // Problemy tekhnogennoy bezopasnosti i ustoychivogo razvitiya: Materialy nauch. – studen. konf. – Tambov, 2015. V. 6. – S. 15 – 18.
4. Teoreticheskoye obosnovaniye teplovogo metoda nerazrushayushchego kontrolya dvukhsloynnykh izdeliy / I. V. Rogov, N. P. Zhukov, N. F. Maynikova, N. V. Luneva // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2009. – № 9 (23) – S. 93 – 99.
5. Opredeleniye usloviy adekvatnosti modeli raspredeleniya tepla v ploskom poluprostranstve real'nomu protsessu pri teplofizicheskom kontrole / Maynikova N. F., Zhukov N. P., Balashov A. A., Nikulin S. S. // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – T. 12, № 3-1. – S. 610 – 616.
6. Maynikova, N. F. Izmeritel'naya sistema i metod nerazrushayushchego kontrolya strukturnykh prevrashcheniy v polimernykh materialakh / N.F. Maynikova // Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika. – 2006. № 1. – S. 56 – 61.
7. Zhukov, N. P. Izmeritel'no – vychislitel'naya sistema nerazrushayushchego teplofizicheskogo kontrolya / N. P. Zhukov, N. F. Maynikova // Pribory i tekhnika eksperimenta. – 2005. – № 2. – S. 153–154.
8. Zhukov, N. P. Izmeritel'no-vychislitel'naya sistema nerazrushayushchego kontrolya teplofizicheskikh svoystv / N. P. Zhukov, N. F. Maynikova // Pribory i tekhnika eksperimenta. – 2005. – № 4. – S. 164 – 166.

УДК 536.21

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В МНОГОМОДЕЛЬНОМ МЕТОДЕ КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ**

**В. Д. Попов**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (тел. 8(953)7071480, e-mail: valentin.popov@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах. Численное исследование показало, что структурные переходы, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы разработанным методом по изменениям скорости нагрева.

*Abstract:* We consider a non-destructive method of determining the heat temperature characteristics of structural transitions in polymeric materials. Numerical study found that structural transitions are accompanied by thermal effects, can be fixed by changes developed by the heating rate.

*Ключевые слова:* тепловой метод, структурный переход, измерительная схема, полимерные материалы, неразрушающий контроль.

*Keywords:* thermal method, the structural transition, the measuring circuit, polymeric materials, non-destructive testing.

Применяющиеся для изучения полимерных материалов рентгеновские методы, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия и другие требуют изготовления специальных образцов, длительного времени испытания, использования дорогостоящего оборудования.

В данной работе рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов (твердофазных, релаксационных) в полимерных материалах, сопровождающихся тепловыми эффектами [1].

Тепловая схема метода неразрушающего контроля представлена на рис. 1. На поверхности полуограниченного в тепловом отношении тела расположены нагреватели в виде полос шириной  $2h$ , через которые в материал подается тепловой поток.

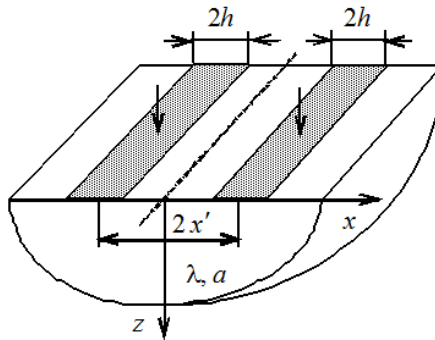


Рис. 1. Тепловая схема

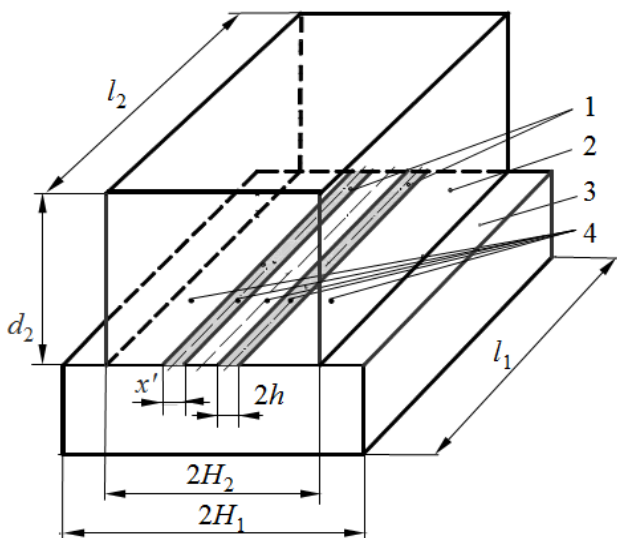
Известное решение задачи теплопроводности при распространении тепла от одного линейного источника тепла постоянной мощности имеет вид

$$T(x, 0, \tau) = \frac{qa^{0,5}\tau^{0,5}}{\pi^{0,5}\lambda} \left\{ \begin{array}{l} \left[ \operatorname{erf} \left[ \frac{h+x}{2a^{0,5}\pi^{0,5}} \right] + \operatorname{erf} \left[ \frac{h-x}{2a^{0,5}\pi^{0,5}} \right] - \right. \\ \left. \frac{h+x}{2\pi^{0,5}a^{0,5}\tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[ -\frac{(h+x)^2}{4a\tau} \right] - \right. \\ \left. \frac{h-x}{2\pi^{0,5}a^{0,5}\tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[ -\frac{(h-x)^2}{4a\tau} \right] \right] \end{array} \right\} \quad (1)$$

где  $a$  – температуропроводность,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $h$  – половина ширины полосы,  $\text{м}$ ;  $\lambda$  – теплопроводность,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $q$  – плотность теплового потока,  $\text{Вт}/(\text{м}^2)$ ;  $T(x, 0, \tau)$  – температура в точки поверхности полуограниченного тела,  $^\circ\text{C}$ ;  $\tau$  – время,  $\text{с}$ ;  $x$  – координата,  $\text{м}$ .

На рисунке 2 представлена измерительная схема метода НК.

Тела 1 и 2 характеризуются различными теплофизическими свойствами ( $\lambda_1, a_1$  и  $\lambda_2, a_2$ ). Размеры первого тела: длина –  $l_1$ ; толщина –  $d_1$ ; ширина –  $2H_1$ . Размеры второго тела: длина –  $l_2$ ; толщина –  $d_2$ ; ширина –  $2H_2$ . В плоскости контакта тел действует два линейных источника тепла в виде полос. Первое тело представляет собой исследуемый образец. Второе тело – подложка измерительного зонда. Начальная температура тел одинакова и равна  $T_0$ . Источники тепла начинают действовать в начальный момент времени ( $\tau = 0$ ). В месте соприкосновения поверхностей тел 1 и 2 (рис. 2) с нагревателями осуществляется идеальный тепловой контакт.



**Рис. 2. Измерительная схема метода с двумя линейными источниками тепла:**  
 1 – нагреватели; 2 – подложка измерительного зонда (ИЗ);  
 3 – исследуемое тело; 4 – термопары (ТП)

В качестве полимерного объекта исследования был выбран полиэтилен низкой плотности (высокого давления) ПЭНП (ПЭВД); применяется в производстве для изготовления игрушек, пленок и пленочных изделий общего назначения и т.д.

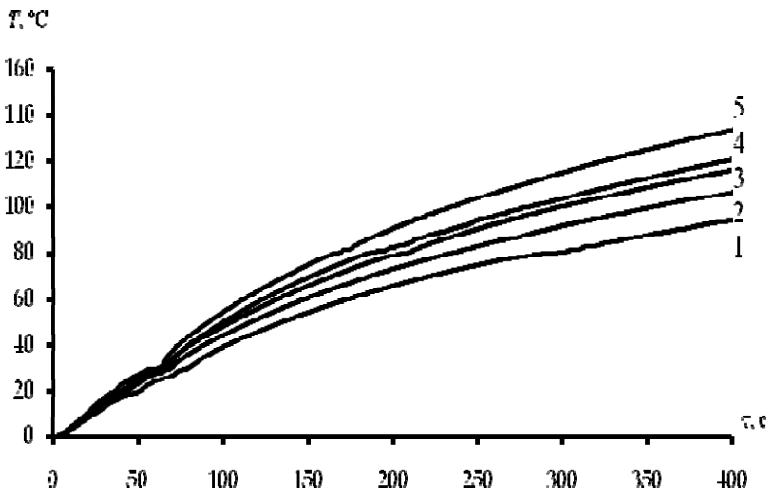
В качестве подложки измерительного зонда был использован выпускаемый в промышленности блочный политетрафторэтилен (ГОСТ 10007–80).

На рисунке 3 представлены термограммы полученные численным моделированием.

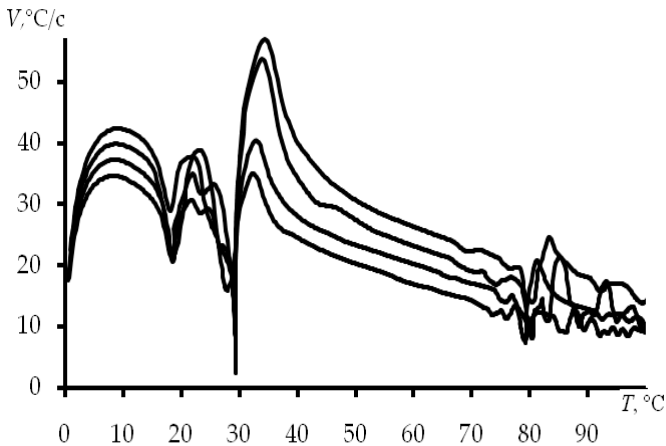
Выделив рабочие участки на термограммах рис. 3, найдем зависимость  $V = f(T)$  рис. 4.

Зависимость, представленная на рис. 4, позволяет зафиксировать структурный переход не только в исследуемом теле ПЭНП в узком температурном диапазоне 81 °С, но и два структурных перехода в подложке из ПТФЭ при температурах 19,6 и 30°С.





**Рис. 3. Термограммы в точке (0; 0) подложка ПТФЭ:**  
 $q_1 = 1100 \text{ Вт/м}^2$ ;  $q_2 = 12\,000 \text{ Вт/м}^2$ ;  $q_3 = 13\,000 \text{ Вт/м}^2$ ;  
 $q_4 = 14\,000 \text{ Вт/м}^2$ ;  $q_5 = 15\,000 \text{ Вт/м}^2$



**Рис. 4. Зависимость  $V = f(T)$ , полученная по термограммам, представленным на рис. 3:**

$$q_1 = 11\,000 \text{ Вт/м}^2; q_2 = 12\,000 \text{ Вт/м}^2; q_3 = 13\,000 \text{ Вт/м}^2;$$
$$q_4 = 14\,000 \text{ Вт/м}^2; q_5 = 15\,000 \text{ Вт/м}^2$$

Таким образом, как показывают результаты численного исследования, представленного на рис. 3 и 4, структурные превращения в полимерах могут быть зафиксированы разработанным способом, с помощью измерительной системы по изменениям скоростей нагрева.

### **Библиографический список**

1. Исследование метода неразрушающего определения структурных переходов в полимерных материалах / В. Д. Попов, Е. В. Токарева, В. С. Осипчик, А. Ю. Ярмизина // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2014. – Т. 28, № 3(152). – С. 61 – 63.
2. Попов, В. Д. Исследование метода неразрушающего контроля структурных переходов в полимерных материалах / В. Д. Попов, Н. П. Жуков // *Психолого-педагогический журнал Гаудеамус*. – 2014. – № 2(24). – С. 107 – 111.

### **References**

1. Isslyedovaniye myetoda nyerazrushayushchyego opryedyeleniya strukturnykh pyeryekhodov v polimyernykh matyerialakh / Popov V. D., Tokareva Ye. V., Osipchik V. S., Yarmizina A. Yu. / *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*. 2014. T. 28. № 3 (152). – S. 61 – 63.
2. Popov, V. D. Isslyedovaniye myetoda nyerazrushayushchyego kontrolya strukturnykh pyeryekhodov v polimyernykh matyerialakh / Popov V. D., Zhukov n.p. / *Psikhologo-pedagogicheskiy zhurnal Gaudeamus*. 2014. № (24) – S. 107 – 111.

УДК 66.081.6

## ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СЛАБОМИНЕРАЛИЗИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ

**Д. С. Лазарев, С. В. Ковалев**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752) 630370, e-mail: dimamt2011@mail.ru)*

*Аннотация:* Разработана методика и проведены экспериментальные исследования по обратноосмотическому разделению слабоминерализированных растворов на тепловых электроцентралях.

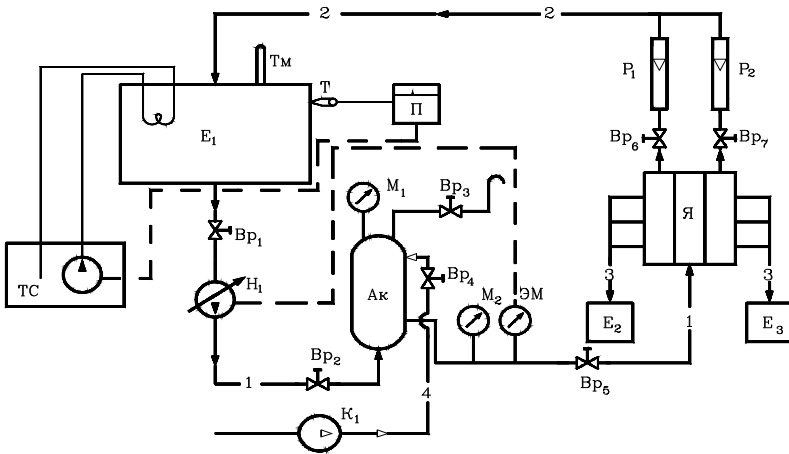
*Abstract:* A method and experimental studies of reverse osmosis separation slabomineralizirovannyh solutions in thermal power generators. We obtained and analyzed the experimental data on the specific flow of the solvent.

*Ключевые слова:* обратный осмос, слабоминерализированный раствор, мембрана, аппарат.

*Keywords:* reverse osmosis, slabomineralizirovanny solution, membrane, apparatus.

Мембранные методы разделения жидких и газообразных сред заняли прочное место в арсенале промышленных технологических процессов, полное становление и отдача мембранной науки и технологии является актуальной в XXI веке. Существуют области, где мембранная технология вообще не имеет конкурентов. Здесь следует упомянуть аппарат «искусственная почка», создание сверхчистых веществ и зон в микроэлектронике, выделение термолабильных биологически активных веществ и др. Значение мембранной технологии в последние годы резко возросло, прежде всего, как технологии, способной навести мост через пропасть, разделяющую промышленность и экологию [1 – 4].

В работе проводились исследования по очистке и умягчению технической воды от растворенных веществ ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), применяемой на тепловых электроцентралях. Исследования по определению удельного потока растворителя через мембраны проводились на экспериментальной установке, представленной на рис. 1.



**Рис. 1. Схема лабораторной обратноосмотической установки плоскокамерного типа**

Установка работает следующим образом. Из расходной емкости ( $E_1$ ), через систему вентилях высокого давления рабочий раствор нагнетается в камеру разделения плунжерным насосом НД100/63 ( $H_1$ ). Пройдя рабочую ячейку ( $Я$ ), дроссели ( $Bp_6-7$ ) и поплавковые ротаметры ( $P_1-2$ ), разделяемый раствор по шлангу возвращается в расходную емкость ( $E_1$ ). Для сглаживания пульсаций давления и расхода в системе установлен ресивер ( $А_к$ ), который представляет собой цилиндрический сварной сосуд ( $V = 3,5$  л), предварительно заполняемый сжатым воздухом до давления, составляющего 30...40% от рабочего, компрессором высокого давления ( $K_1$ ). Давление в установке контролируется образцовым манометром ( $M_2$ ), установленным до ячейки ( $Я$ ). Кроме измерительного манометра, в установке используется электроконтактный манометр ( $ЭМ$ ), который при превышении давления в системе выше установленного значения отключает плунжерный насос ( $H_1$ ) с помощью электроконтактного реле. Расход раствора задается регулированием рабочего хода плунжерного насоса ( $H_1$ ). Раствор, прошедший в результате разделения через мембраны, собирается в стеклянные емкости ( $E_{2,3}$ ). Сброс давления в системе осуществляется игольчатым вентилем ( $Bp_3$ ). Колебания давления и расхода на описанной установке не превышали 5% от установленного значения.

Основным элементом установки является разделительная ячейка (Я), в которой непосредственно происходит процесс обратноосмотического разделения. Конструкция ячейки представлена на рис. 2.

Ячейка представляет собой двухкамерный разделительный модуль плоскокамерного типа. Рабочий раствор входит в один из штуцеров ячейки (Я) и равномерно распределяется по разделительным камерам, образованным двумя мембранами (3) и поверхностями средней части (1), и выходит по штуцерам. Часть раствора при этом под действием избыточного давления проникает через мембраны (3), затем через ватман (4), служащий прокладкой под мембраной, через пористую подложку (5), через металлическую сетку (6), выполненную из нержавеющей стали, и по каналам, сделанным в штуцерах, попадает в сборники пермеата (бюксы объемом 50 мл). С каждой стороны ячейки на фланцах (2) расположены по три штуцера для отвода пермеата. Для уплотнения фланцев (2) со средней частью (1) ячейки использовались прокладки (7) из паронита толщиной  $0,3...2 \cdot 10...3$  м. Ячейка стягивается шестью болтами (8) при помощи прокладок (9) и шайб (10). Размеры камер разделения ячейки в собранном виде составляют  $0,06 \times 0,13 \times (0,0003...0,002)$  м. Рабочая площадь мембран в каждой камере разделения равняется  $7,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

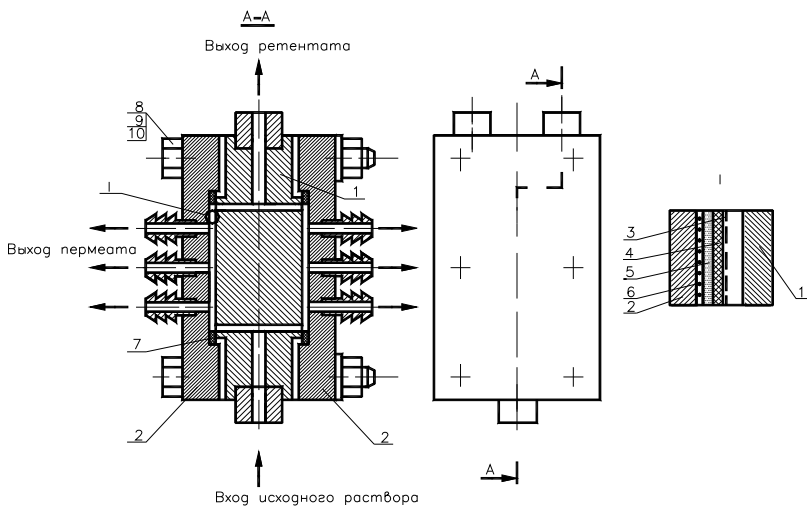
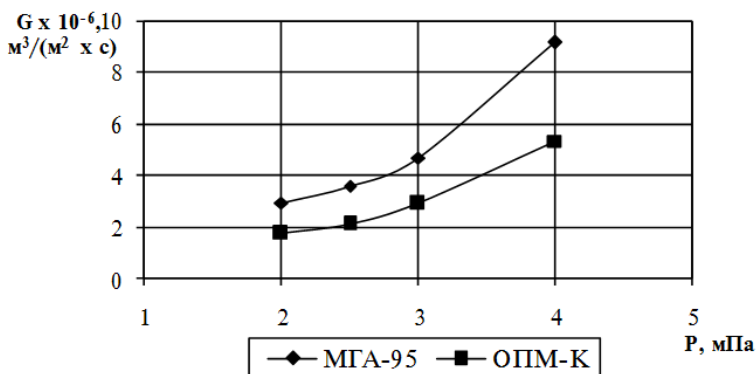


Рис. 2. Схема обратноосмотической разделительной ячейки



**Рис. 3. Зависимость удельной производительности обратноосмотических мембран МГА-95 и ОПМ-К от рабочего давления**

Удельную производительность рассчитывали по следующей формуле:

$$G = \frac{V}{S\tau}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем полученного пермеата, м<sup>3</sup>;  $S$  – рабочая площадь набухшей мембраны, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время проведения эксперимента, с.

Результаты экспериментальных исследований по удельной производительности мембран МГА-95 и ОПМ-К в зависимости от давления приведены на рис. 3.

Из приведенных рисунков следует, что удельная производительность мембран при обратном осмосе, увеличивается с ростом движущей силы, увеличивается конвективный поток растворителя через мембрану. Также следует отметить, что удельная производительность мембран зависит: от природы мембран, растворителя и растворенного вещества, температуры, гидродинамической обстановки в межмембранном канале и др. [5 – 9].

### Библиографический список

1. Николаев, Н. И. Диффузия в мембранах / Н. И. Николаев. – М. : Химия, 1980. – 232 с.
2. Хванг, С.–Т. Мембранные процессы разделения / С.–Т. Хванг, К. Каммермейер ; пер. с англ. ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – М. : Химия, 1981. – 464 с.

3. Брык, М. Т. Ультрафильтрация / М. Т. Брык, Е. А. Цапюк. – К. : Наукова думка, 1989. – 288 с.
4. Мамонтов, В. В. Кинетика обратноосмотической очистки минерализованных растворов предприятий ТЭЦ : автореф. канд. техн. наук / В. В. Мамонтов. – 2007. – 16 с.
5. Лазарев, С. И. Дифрактометрические исследования кристалличности ацетатцеллюлозной обратноосмотической мембраны / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, Д. С. Лазарев // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2014. – Т. 16. – С. 294 – 298.
6. Исследования состояния воды в ацетатцеллюлозной мембране МГА-95 методами инфракрасной спектроскопии и термогравиметрии / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, Д. С. Лазарев, В. М. Поликарпов // Мембраны и мембранные технологии. – 2015. – Т. 5, № 4. – С. 1 – 5.
7. Метод исследования некристаллических фаз полимерных систем и их мембран / В. М. Поликарпов, С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, Д. С. Лазарев // Вестник ТГУ. – 2015. – Т. 20, вып. 4. – С. 910 – 916.
8. Исследование влияние структурных превращений на массоперенос в ацетатцеллюлозной мембране МГА-95 / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, Ю. И. Тялин и др. // Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 19, вып. 6. – С. 1879 – 1882.
9. Рентгенодифрактометрические исследования аморфности композиционной мембраны МГА-95 / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, В. Ю. Попов и др. // Вестник ТГУ. – 2015. – Т. 20, вып. 2. – С. 498 – 501.

## References

1. Nikolaev N. I. Diffusion membranes. – M. : Chemistry, 1980. – 232.
2. Hwang S.-T., K. Kammermeyer Membrane separation processes. / Per. from English. / Ed. Y. I. Dytnerskogo. – M. : Chemistry, 1981. – 464 p.
3. Bryk M. T., Tsapyuk E. A. Ultrafiltration. – K. : Naukova Dumka, 1989. – 288 s.
4. Vladimir Mamontov. The kinetics of the reverse osmosis purification mineralized solutions business purposes. Author. cand. Tech. Sciences. 2007. – 16.

5. Lazarev S. I., Golovin Yury, Lazarev D. S. Diffractometry studies Cree-crystallinity atsetattselldyuloznoy reverse osmosis membrane. Condensed Matter and interphase boundaries. 2014 TA 16. P. 294 – 298.

6. Lazarev SI, Golovin Yury Lazarev, DS, Polikarpov VM Research on the status of water in cellulose acetate membrane MGA-95 by infrared spectroscopy and thermogravimetry. Membranes and membrane technology, 2015, Volume 5, number 4. P. 15

7. Polikarpov V. M., Lazarev S. I., Golovin Yury, Lazarev D. S. The research method of non-crystalline phase polymeric systems and membranes. Vestnik TSU, t. 20, issue 4, 2015. P. 910-916.

8. Lazarev S. I., Yuri Golovin, Tyalin Yu, Lazarev D. S., Kholodilin V. N. Study the impact of structural changes on mass transfer in a cellulose acetate membrane MGA-95. Vestnik TSU, t.19, vyp.6, 2014. P. 1879–1882.

9. Lazarev S. I. , Golovin Yury, Popov V. Y., Lazarev D. S., Kuznetsov M.A. Rentgenodif-raktometricheskie study amorphous composite membrane MGA-95. West TSU nickname, t. 20, issue 2, 2015. P. 498 – 501.



# **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК621.9.014.5

## РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПАЗОВ НА ПРИМЕРЕ СВЭИ-7

**Н. В. Половнева**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8960)6725317, e-mail: natatmb@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассматриваются основные параметры, влияющие на время обработки простейших пазов деталей электроискровыми станками марки СВЭИ-7.

*Abstract:* Discusses the main parameters that affect the processing time slots of the simplest parts, electric spark machines brand SWEI-7.

*Ключевые слова:* электроэрозионная обработка, паз, вырезной электроискровой станок, электрод.

*Keywords:* electrical discharge machining, a groove, cut electrospark machine, electrode.

В современном обществе уровень жизни людей определяется эффективностью производства.

Применение электроэрозионной обработки (ЭО) зачастую становится незаменимым, способствует получению более качественных деталей с низкой шероховатостью и точностью размеров.

Разрушение поверхностных слоев материала под влиянием внешнего воздействия электрических разрядов называется электрической эрозией. На явлении эрозии основан принцип ЭО. При электроэрозионной обработке используют явление разрушения электродов из токопроводящих материалов при пропускании между ними импульсов электрического тока.

Станки для электроэрозионной обработки делятся на два основных типа – копировально-прошивные и проволочно-вырезные.

Копировально-прошивные станки позволяют обрабатывать фасонные отверстия и полости, внутренние и наружные поверхности тел вращения, производить шлифование, разрезание. Возможно получение винтовых поверхностей, а также различных внутренних фасонных отверстий и полостей с прямым, обратным и переменным конусом. В копировально-прошивных станках электрод-инструмент фасонный, его форма является обратной копией той полости, которую предстоит обрабатывать [1, 2].

Проволочно-вырезные станки универсальны, следовательно, наиболее часто используются в производстве и именно их работу необходимо оптимизировать.

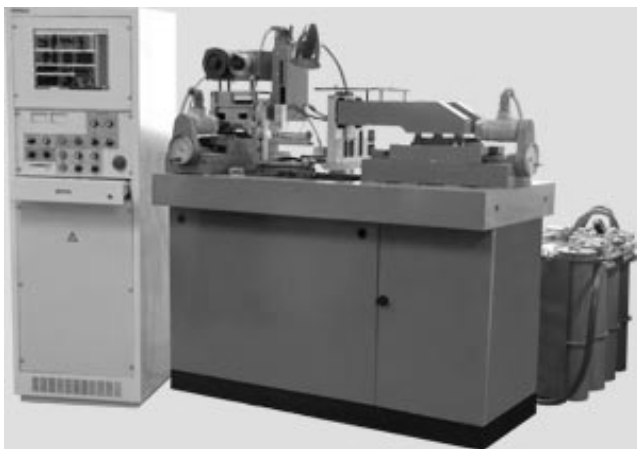
Существует огромный ряд проволочно-вырезных электроэрозионных станков. Производство данных оборудований развито как в России (изначально в СССР), так и за рубежом.

Наиболее часто приобретаемыми в производство для автоматического изготовления электродом-проволокой деталей из токопроводящих материалов отечественными станками являются СВЭИ (станки вырезные электроискровые). Наиболее усовершенствованным вариантом данного класса отечественных станков является оборудование СВЭИ-7, которое представлено на рис. 1.

Рассмотрим ситуацию, когда предприятие имеет шесть электроискровых станков СВЭИ-7, которыми управляет один человек. Для того чтобы работа на этих станках была продуктивной, необходимо грамотно распределить работу [3]. Для этого необходимо знать примерное время для обработки паза той или иной детали.

Выделим основные параметры, которые влияют на время обработки детали:

- вид и толщина проволоки;
- рабочая среда (используемая жидкость);
- площадь обработки деталей;
- материал, из которого сделана деталь (плотность);
- количество деталей.



**Рис. 1. Вырезной электроискровой станок СВЭИ-7**

Что касается вида проволоки, наиболее часто используемым является проволока диаметром 0,2 ЛС 59. Данный вид проволоки идеально подходит для обработки пазов и контуров детали размерами до 250 миллиметров. В ряде случаев, когда должен быть диаметр 0,15...0,25 миллиметров, проволока используется молибденовая диаметром 0,08. Стоит быть осторожным, ведь данный вид проволоки наиболее часто подвержен разрывам.

Рабочие жидкости должны удовлетворять следующим требованиям:

– обеспечение высоких технологических показателей электроэрозионной обработки;

– термическая стабильность физико-химических свойств при воздействии электрических разрядов с параметрами, соответствующими применяемым при электроэрозионной обработке;

– низкая коррозионная активность к материалам электрода-инструмента и обрабатываемой заготовки;

– высокая температура вспышки и низкая испаряемость;

– хорошая фильтруемость;

– отсутствие запаха и низкая токсичность.

Наиболее доступной и отвечающей требованиям является дистиллированная вода.

Таким образом, на первые два параметра, отражающихся на времени обработки детали, мы обращать внимание не будем, но следующие три пункта неизбежно влияют на время изготовления деталей. Выявим закономерность, связывающую их.

Наиболее очевиден тот факт, что время, потраченное на производство прямо пропорционально количеству деталей, т.е. чем больше деталей одного вида мы обработаем, тем больше времени на это будет потрачено.

Обозначим время изготовления одной детали  $T_1$ , общее затраченное время буквой  $T$ , количество деталей – буквой  $N$ .

Прямо пропорционально зависит от времени изготовления также будет площадь обрабатываемой поверхности, а вот плотность материала наоборот – обратно пропорциональна скорости резания детали.

Плотность токопроводящих металлов в среднем колеблется от 2 до 20 г/см<sup>3</sup>[4, 5]:

- титан – 4,54 г/см<sup>3</sup>;
- латунь – 8,4 г/см<sup>3</sup>;
- медь – 8,92, г/см<sup>3</sup>;
- сталь – 7,8 г/см<sup>3</sup>;
- вольфрам – 19,3 г/см<sup>3</sup>;

- алюминий – 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Скорость резания детали для СВЭИ-7 от min до max составляет 25...50 мм<sup>2</sup>/мин.

Составим примерную зависимость скорости резания от плотности материала, обозначив плотность буквой  $\rho$ , скорость  $V$ .

Если  $\rho = 2 - 2,5$ , то  $V = 50$

Если  $\rho = 2,5 - 3$ , то  $V = 49$

Если  $\rho = 3 - 3,5$ , то  $V = 48$

Если  $\rho = 3,5 - 4$ , то  $V = 47$

Если  $\rho = 4 - 4,5$ , то  $V = 46$

Если  $\rho = 4,5 - 5$ , то  $V = 45$

Если  $\rho = 5 - 5,5$ , то  $V = 44$

Если  $\rho = 5,5 - 6$ , то  $V = 43$

Если  $\rho = 6 - 6,5$ , то  $V = 42$

Если  $\rho = 6,5 - 7$ , то  $V = 41$

Если  $\rho = 7 - 7,5$ , то  $V = 40$

Если  $\rho = 7,5 - 8$ , то  $V = 39$

Если  $\rho = 8 - 8,5$ , то  $V = 38$

Если  $\rho = 8,5 - 9$ , то  $V = 37$

Если  $\rho = 9 - 9,5$ , то  $V = 36$

Если  $\rho = 9,5 - 10$ , то  $V = 35$

Если  $\rho = 10 - 11$ , то  $V = 34$

Если  $\rho = 11 - 12$ , то  $V = 33$

Если  $\rho = 12 - 13$ , то  $V = 32$

Если  $\rho = 13 - 14$ , то  $V = 31$

Если  $\rho = 14 - 15$ , то  $V = 30$

Если  $\rho = 15 - 16$ , то  $V = 29$

Если  $\rho = 16 - 17$ , то  $V = 28$

Если  $\rho = 17 - 18$ , то  $V = 27$

Если  $\rho = 18 - 19$ , то  $V = 26$

Если  $\rho = 19 - 20$ , то  $V = 25$

Для того чтобы вычислить время резания деталей, необходимо площадь паза (обозначим  $S$ ) разделить на скорость резания детали определенной плотности  $V$  и умножить на количество деталей  $N$ .

Получим формулы расчета времени обработки паза детали/деталей:

$$Tl = S/V$$

$$T = (S/V) * N$$

Расчет скорости резания пазов на СВЭИ поможет структурировать работу участка ЭО предприятия.

Однако необходимо помнить, что в предложенных формулах учитываются только основные показатели, влияющие на скорость резания. Они даны без учета радиусов, влияния толщины детали на скорость резания, нагрева жидкости и сложности контура обработки.

### Библиографический список

1. Немиллов, Е. Ф. Электроэрозионная обработка материалов / Е. Ф. Немиллов. – Л. : Машиностроение, 1999. – 164 с.
2. Фатеев, Н. К. Технология электроэрозионной обработки / Н. К. Фатеев. – Л. : Машиностроение, 2001. – 118 с.

3. Автоматизированная информационная система подготовки производства машиностроительного предприятия / В. Г. Мокрозуб, А. Н. Поляков, А. И. Сердюк и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18. № 3. – С. 598 – 603.
4. Дриц, М. Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение / М. Е. Дриц, М. А. Москалев. – М. : Высшая школа, 2000. – 447 с.
5. Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.

### References

1. Nemilov E. F. Doghouse Electrical discharge machining materials L. : Mechanical Engineering, 1999. – 164 p.
2. Fateev N. Tech EDM, L., Engineering, 2001. – 118 p.
3. Mokrozub V. G., Polyakov A. N., Serdyuk A. I., Marusich K.V., Ovechkin M. V. Automated Information System pre-production engineering enterprise / Bulletin of Tambov State Technical University. 2012. T. 18. № 3. S. 598-603.
4. Drita M. E., Moskalev M. A. Technology of construction materials, and materials science. M. : Higher School, 2000. – 447 p.
5. Dalsky A. M. Technology of construction materials. M. : Mechanical Engineering, 2004. – 512 p.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
И КОМПЛЕКСОВ**

УДК 004.9

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**А. В. Мокрозуб**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)630706, e-mail: mokrozubav@yandex.ru)*

*Аннотация:* Описаны элементы математического и программного обеспечения автоматизированной системы механических расчетов технологического оборудования (емкостные аппараты, теплообменники, колонные аппараты и др.).

*Abstract:* Describes the elements of the automated system mechanical calculations of technological equipment (capacitive devices, heat exchangers, column equipment, etc.).

*Ключевые слова:* технологическое оборудование, расчеты, виртуальный кабинет, интеллектуальные системы.

*Keywords:* technological equipment, calculations, virtual office, intelligent systems.

Переход экономики Российской Федерации на инновационный путь предусматривает ввод новых и модернизацию существующих обрабатывающих предприятий агропромышленного комплекса. Основой этих предприятий является технологическое оборудование (ТО): емкостные, колонные, выпарные и др. аппараты.

При проектировании необходимо обеспечить работоспособность и безопасность ТО на протяжении заданного срока эксплуатации, как правило это 10 – 15 лет. Работоспособность и безопасность ТО достигается в том числе и с помощью механических расчетов (расчетов на прочность).

ТО состоит из отдельных элементов (обечайки, фланцы, валы и др.), которые в зависимости от условий эксплуатации (температура, давление и др.) подвергаются определенным механическим расчетам: на прочность, жесткость, устойчивость, выносливость и др.

Методики механических расчетов представлены в нормативных документах, например, серия ГОСТ Р 52857–2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность».



В настоящее время элементы, подлежащие расчету (обечайки, фланцы, валы и др.), и вид самого расчета (прочность, жесткость, устойчивость и др.) определяет конструктор в зависимости от условий эксплуатации, испытаний и монтажа ТО (рис. 1) [1].

Предлагается новая схема механических расчетов ТО (рис. 2), в которой элементы, подлежащие расчету, и виды этих расчетов, определяются автоматически с использованием базы знаний.

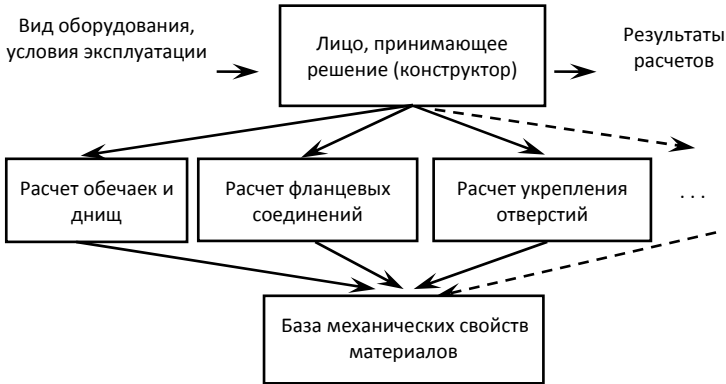


Рис. 1. Схема существующей системы механических расчетов ТО

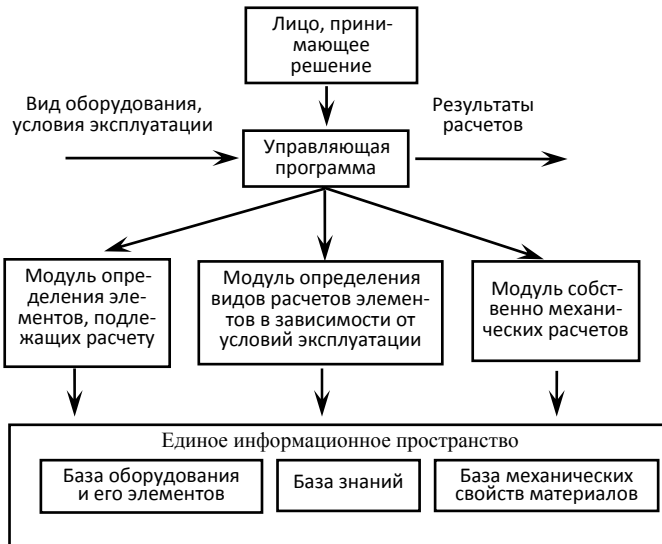


Рис. 2. Предлагаемая схема выполнения механических расчетов ТО

Элементы, подлежащие расчету, и виды расчетов зависят от условий эксплуатации ТО. Эти зависимости представляют собой двудольный граф (рис. 3),  $G=(V,R)$  где  $V=VU \cup VE$  – множество вершин графа,  $VU = \{vu_i, i=1...n\}$  – множество условий эксплуатации представляет собой нагрузки, действующие на ТО (внутреннее давление, наружное давление, вес, давление в рубашке и др.),  $VE = \{ve_j, j=1...J\}$  – множество элементов, подлежащих расчету (обечайка, днище, опора и др.),  $R = \{r_{ij}, i=1...n, j=1...J\}$  – ребра графа. Таким образом, ребра графа определяют элементы, подлежащие расчету в зависимости от условий эксплуатации.

Зависимость вида расчета элемента от совокупности нагрузок будем задавать правилами вида «Если ..., то». Примеры правил приведены ниже.

*Правило 1.* Если нагрузка – внутреннее давление в аппарате, то обечайка корпуса рассчитывается на прочность.

*Правило 2.* Если нагрузка – давление в рубашке, то обечайка корпуса рассчитывается на прочность и устойчивость.

В качестве базового программного обеспечения для реализации, представляемой системы механических расчетов используется система управления реляционными базами данных. Возможность использования РДБ для хранения производционных знаний (правил) доказана в [2, 3].

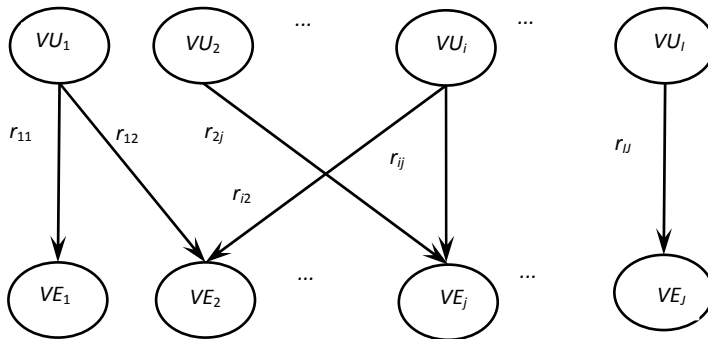


Рис. 3. Граф, связывающий условия эксплуатации и элементы, подлежащие расчету

На рисунке 4 представлена схема базы данных, позволяющая по типу аппарата (емкость, теплообменник и др.) и видам нагрузки (внутреннее давление, внешнее давление и др.) определить элементы (обечайка, фланец, днище и др.), подлежащие механическому расчету, и виды этих расчетов (прочность, жесткость, устойчивость и др.)

Таблица «Аппараты» содержит список типов ТО, которое можно рассчитывать с использованием предлагаемой системы. В таблице «Элементы\_Аппарата» находится список всех возможных элементов аппаратов, которые подлежат механическому расчету – множество вершин  $VE = \{v_{uj}, i=1...J\}$  графа  $G = (V, R)$ . Таблица «Элементы\_Аппарата» позволяет для каждого типа ТО задать список его возможных элементов. Таблица «Нагрузки» содержит список возможных нагрузок, действующих на элементы ТО – множество вершин  $VU = \{v_{ui}, i=1...n\}$  графа  $G = (V, R)$ . Таблица «Нагрузка\_элемент» содержит ребра  $R = \{r_{ij}, i \in 1...n, j \in 1...J\}$  графа  $G = (V, R)$ .



Рис. 4. Схема базы данных определения элементов, подлежащих расчету, и видов расчетов

### Библиографический список

1. Мокрозуб, В. Г. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» / В. Г. Мокрозуб, А. А. Борисяк, Е. С. Егоров // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – № 10. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (дата обращения 07.09.2015).

2. Мокрозуб, В. Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 18 – 22.

3. Мокрозуб, В. Г. Графовые структуры и реляционные базы данных в автоматизированных интеллектуальных информационных системах / В. Г. Мокрозуб. – М. : Издательский дом Спектр, 2011. – 108 с.

### References

1. Mokrozub, V. G. 77-30569/227902 Virtual'nyj kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovanija» / V. G. Mokrozub, A. A. Borisjak, E. S. Egorov // Nauka i obrazovanie. MGТУ im. N. Je. Baumana. Jelektron. zhurn. – 2011. – №10. – Rezhim dostupa: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (data obrashhenija 07.09.2015).

2. Mokrozub, V. G. Taksonomija v baze dannyh standartnyh jelementov tehničeskikh ob#ektov / V. G. Mokrozub // Informacionnye tehnologii. – 2009. – № 11. – S. 18 – 22.

3. Mokrozub, V. G. Grafovyje struktury i reljacionnyje bazy dannyh v avtomatizirovannyh intellektual'nyh informacionnyh sistemah / V. G. Mokrozub. – M. : Izdatel'skij dom Spekr , 2011. – 108 s.

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.565.92

## СОЗДАНИЕ СТЕНДОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЗОЛИРУЮЩИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

**А. Ю. Захаров**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов (e-mail: zasha111@yandex.ru)*

*Аннотация:* Исследуется проблема проверки изолирующих дыхательных аппаратов, в связи с чем модернизируется установка «Искусственные легкие». Рассматривается методика моделирования процесса перемешивания при обтекании потоком газа змеевика в теплообменном аппарате установки «Искусственные легкие». По результатам выполненных расчетов сделан вывод о том, что аппарат может сглаживать колебания входной концентрации целевого компонента, обеспечивая отсутствие резких скачков концентрации диоксида углерода на выходе и перемешивание газовой смеси, поступающей в него. Рассматривается рынок сбыта, эффективность проекта и срок окупаемости инвестиционных вложений.

*Abstract:* Researching the problem of check of the isolating respiratory device, in communication with than the Artificial Lungs installation is modernized. Studying of the processes, proceeding in working parts of the isolating respiratory devices are made by means of system of modeling of breath of the person – the Artificial Lungs installations («AL»).

In work process of hashing of a stream of inhaled gas from a variable on length is considered by concentration of carbon dioxide, at a flow it the coil located on the line of a breath of the «AL» installation. Calculation for definition of extent of smoothing of fluctuations of concentration of carbon dioxide at the expense of a flow is executed by an obstacle stream.

The approach chosen for calculations is based on an assumption that at a flow of a coil full hashing of a fragment of a stream, the set length is carried out. The stream of inhaled gas is considered as a set of elementary areas, everyone is presented in the cylinder form with the basis coinciding with the section of the feed well of the refrigerator and length equal to distance which passes a stream for an elementary interval of time. Value of concentration of carbon dioxide at the exit turns out as a result of consecutive calculation of concentration in all elementary areas of a stream. Researching the sales market, efficiency of the project and payback period of investment investments.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, технологическая установка, изолирующие дыхательные аппараты.

*Keywords:* mathematical modeling, fabrication system, the isolating respiratory devices.

Наиболее важным параметром, характеризующим дыхание человека, является легочная вентиляция  $W_i$ , которая выражается произведением величин объема одного вдоха или выдоха (глубина дыхания)  $V_0$  и частоты дыхания  $n$ , т.е. число циклов вдох-выдох в единицу времени. Легочная вентиляция определяется по формуле

$$V_D = V_0 \cdot n \quad (1)$$

и представляет собой объем воздуха, вентилирующийся в легких в единицу времени.

Легочный газообмен в организме человека характеризуется тремя величинами: выделением диоксида углерода  $w_c$  (дм<sup>3</sup>/мин), поглощением (потреблением) кислорода  $w_s$  (дм<sup>3</sup>/мин) и дыхательным коэффициентом  $K_{\text{дых}}$ , который выражается формулой

$$K_{\text{дых}} = \frac{w_c}{w_s} \quad (2)$$

Указанные параметры являются определяющими, а главный из них – выделение человеком диоксида углерода  $w_c$ , характеризующее уровень энергетического обмена в организме. Производными данными являются объемные доли диоксида углерода, азота и кислорода во выдыхаемой газовой дыхательной смеси (ГДС). Кроме того, важными характеристиками дыхания являются вредное пространство дыхательных путей человека и дыхательная кривая (форма, наличие пауз между вдохом и выдохом, максимальная величина мгновенного объемного расхода ГДС).

При дыхании в ИДА последняя порция каждого вдоха остается в воздухопроводных путях и при выдохе возвращается в атмосферу. Именно этот объем дыхательных путей, составляющих у взрослого человека около 0,14 л, называется вредным пространством.

Дыхательными кривыми называют зависимости, определяющие изменение значений объема воздуха, поступающего в легкие, во времени, которые получили названия спирограмм. Наиболее важным из них является зависимость значений объемного расхода вдоха и выдоха, так как они полностью определяют дополнительное сопротивление

дыханию, которое ИДА вносит при использовании его человеком. Соответствующие кривые получили название пневмотахограмм. Сразу подчеркнем, что характер дыхания людей, и, следовательно, параметры дыхания, чрезвычайно отличаются между собой.

Итак, человек выдыхает ГДС, которая характеризуется следующими величинами:

- легочная вентиляция  $W_D$ ;
- глубина дыхания  $V_D$ ;
- частота дыхания  $n$ ;
- объемные доли диоксида углерода  $c_{\text{выд}}$  и кислорода  $s_{\text{выд}}$  в выдыхаемой ГДС.

На основании этих данных определяется выделение диоксида углерода,  $w_c$  и потребление кислорода  $w_o$  в единицу времени.

Мгновенное изменение скорости поступления ГДС в ИДА из дыхательных путей человека описывается синусоидальной зависимостью (рис. 1).

На стадии вдоха организм человека поглощает кислород и выделяет диоксид углерода. Потребление кислорода и выделение диоксида углерода в единицу времени определяются главным образом массой человека, а также физической нагрузкой человека, под которую рефлекторно подстраивается дыхание, чтобы удовлетворить потребность организма в кислороде. В состоянии покоя взрослый человек делает 15 – 18 дыхательных циклов (вдох-выдох) в минуту, при этом глубина дыхания составляет 0,4 – 0,6 л, а легочная вентиляция – 7 – 9 л/мин. При увеличении физической нагрузки происходит ускорение окислительных процессов в тканях и повышение их потребности в кислороде, при этом значения всех трех параметров увеличиваются. Очень тяжелая физическая нагрузка характеризуется частотой дыхания до 40 – 45 мин<sup>-1</sup>, глубиной до 3,5 – 4 л и легочной вентиляцией до

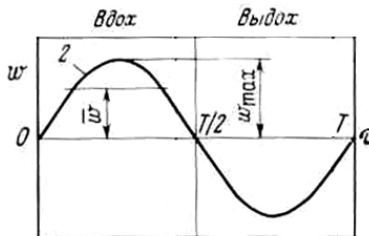


Рис. 1. График изменения скорости на стадии вдох-выдох





сидом углерода; 17, 31 – обратный клапан; 18 – имитатор дыхания; 19 – клапанная коробка; 20 – увлажнитель; 21, 30 – газоанализатор; 22 – психрометр; 24 – изделие испытуемое; 25 – патрубок соединительный; 27 – холодильник; 29 – пробоотборник; 32 – счетчик газовый; 34 – побудитель расхода; 37 – блок управления.

При движении потока газа или жидкости по плавно поворачивающейся поверхности трубы у внешней стенки образуется область повышенного давления и температуры, а в центре полости – область пониженной температуры и давления. Как известно, более теплые слои газа или жидкости имеют меньшую плотность и должны подниматься вверх, а в случае центробежных сил – стремиться к центру; более холодные имеют большую плотность и, соответственно, должны стремиться к периферии, тем самым обеспечивая перемешивание ГДС, состоящей из объемов с отличающимися объемными долями целевых газов. Это обеспечивает поступление на анализ однородной смеси и повышает точность газового анализа. Еще немаловажный аспект холодильника заключается в охлаждении ГДС, до комнатной температуры, что позволяет выравнивать температуры газов, поступающих в имитатор дыхания – это снижает погрешности в дозировке газов.

В разрабатываемом стенде применен холодильник, представляющий собой цилиндр с расположенным внутри змеевиком, в который подается вода для охлаждения.

Концентрация диоксида углерода в потоке ГДС, проходящем по линии вдоха, переменна (рис. 4). Сначала располагается участок с высокой концентрацией диоксида углерода, близкой к 3%, затем участок с низкой концентрацией. Наличие участка с высокой концентрацией

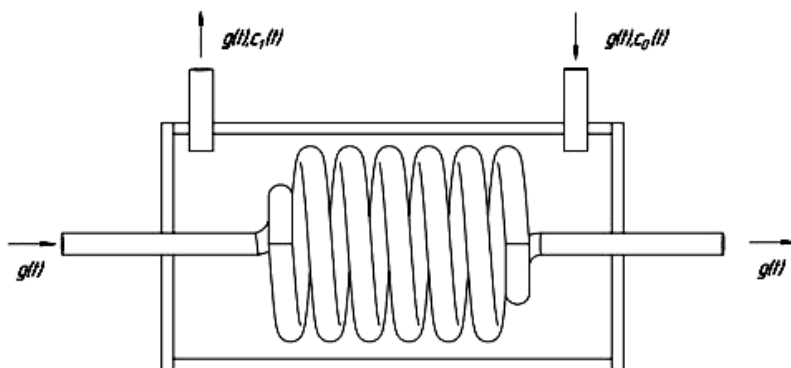
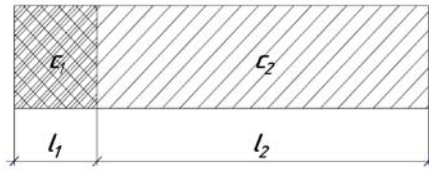


Рис. 3. Холодильник, расположенный на линии вдоха



**Рис. 4.** Распределение концентрации диоксида углерода в ГДС на входе

цией диоксида углерода обусловлено наличием у ИДА вредного пространства – объема, расположенного между дыхательной системой человека и рабочей частью, в котором не происходит очистки воздуха.

Движение газа через холодильник может быть в общем виде описано как движение вязкой сжимаемой жидкости уравнением Навье–Стокса. Расположенный внутри цилиндрической обечайки змеевик выступает в роли дополнительного турбулизатора. Вдоль осей, перпендикулярно направлению потока (оси  $-y, z$ ), силы давления соизмеримы с силами сопротивления при обтекании препятствия, поэтому в уравнение добавляется слагаемое  $(y, z)$ .

$$\begin{aligned} \rho(x) \frac{Dw_x}{Dt} &= \frac{-\partial p}{\partial x} + \mu(x) \left( \nabla^2 w_x + \frac{1}{3} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right); \\ \rho(x) \frac{Dw_y}{Dt} &= \zeta(y, z) + \frac{-\partial p}{\partial y} + \mu(x) \left( \nabla^2 w_y + \frac{1}{3} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right); \\ \rho(x) \frac{Dw_z}{Dt} &= \zeta(y, z) + \frac{-\partial p}{z} + \mu(x) \left( \nabla^2 w_z + \frac{1}{3} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\rho(x)$ ,  $\mu(x)$  – соответственно, зависимости плотности и вязкости жидкости по длине холодильника.

До сих пор решения этих уравнений найдены лишь в некоторых частных случаях. Нахождение общего аналитического решения системы Навье–Стокса для пространственного или плоского потока осложняется тем, что оно нелинейное и сильно зависит от начальных и граничных условий. При использовании численных методов из-за сделанных математических допущений затруднительно рассматривать описываемые процессы с физической точки зрения.

Если рассматривать случай, когда при обтекании потоком ГДС змеевика происходит полное перемешивание, концентрация диоксида углерода на выходе может быть рассчитана следующим образом:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{G(\tau)}{V} (c_{\text{вх}}(\tau) - c(\tau)), c(0) = c_0, \quad (4)$$

где  $G(\tau)$  – изменение расхода ГДС на входе в холодильник, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;  $c_{\text{вх}}(\tau)$  – изменение входной концентрации во времени, кг/м<sup>3</sup>.

При этом не учитывается время прохождения ГДС по холодильнику. Так же ввиду особенностей конструкции рассматриваемого холодильника в нем не происходит перемешивания по всему объему сразу.

Выбранный для расчетов подход базируется на допущении, что при обтекании змеевика осуществляется полное перемешивание фрагмента потока заданной длины. Поток ГДС рассматривается как набор элементарных областей, каждая из которых представляется в виде цилиндра с основанием, совпадающим с сечением обечайки холодильника и длиной, равной расстоянию, которое проходит поток за элементарный интервал времени. Значение концентрации диоксида углерода на выходе получается в результате последовательного расчета концентрации во всех элементарных областях потока. Расчет концентрации в элементарной области осуществляется по формуле

$$c_i = \frac{v_i c_i + v_{i+1} c_{i+1}}{v_i + v_{i+1}}, \quad (5)$$

где  $v_i$ ,  $c_i$  – соответственно, объем и концентрация диоксида углерода в рассматриваемом элементарном объеме;  $V_{i+1}, c_{i+1}$  – соответственно, объем и концентрация диоксида углерода в следующем за рассматриваемым по ходу движения потока элементарном объеме;  $i$  – индекс рассматриваемого элементарного объема,  $i = \{1, \dots, n\}$ ,  $n$  – количество элементарных объемов.

В соответствии с принятым допущением считается, что полное перемешивание происходит для двух соседних элементарных областей потока, поэтому полученное значение концентрации  $c_i$  устанавливается также и для следующего за рассматриваемым элементарного объема  $c_i = c_{i+1}$ .

Основой программы является процедура, описывающая движение рабочего тела внутри холодильника. Статическая структура программы моделирует конструкцию цилиндра с размещенным внутри него турбулизирующим элементом. Размещение змеевика внутри цилиндрической обечайки, течение потока ГДС моделируется с помощью привязки всех конструктивных элементов и элементарных объемов потока ГДС к единой системе координат. В данном случае принимает-

ся, что в любой точке элементарного выбранного сечения цилиндра, перпендикулярного его продольной оси, параметры процесса идентичны, поэтому рассматривается привязка к одной оси координат, параллельной оси цилиндра. Поток ГДС внутри аппарата рассматривается как последовательность элементарных областей с определенной концентрацией целевого компонента. Каждая область также привязана к общей оси координат, что позволяет однозначно определить ее положение в пространстве в заданный момент времени.

Время процесса представляется как набор элементарных интервалов. Величина интервала соответствует времени, за которое рабочий агент проходит одну элементарную ячейку холодильника. В данном случае выбирается постоянная длина ячейки, равная 1 мм. Подача новой порции газа в холодильник имитируется добавлением в очередь, имитирующую поток газа в цилиндре, новой элементарной области. При этом первый элемент очереди удаляется. Состояние удаленной из очереди ячейки соответствует состоянию газа на выходе из холодильника. Пересчет всех элементов очереди осуществляется каждый такт времени с поступлением каждой новой порции газа в цилиндр.

При расчете моделировалась подача в аппарат газа с циклическим изменением концентрации целевого компонента. В процессе расчета моделировалось поступление потока ГДС до 100% объемных – это видно из уравнения (6)

$$c(\tau) = \frac{1}{2}(1 + \sin(\tau)), \quad (6)$$

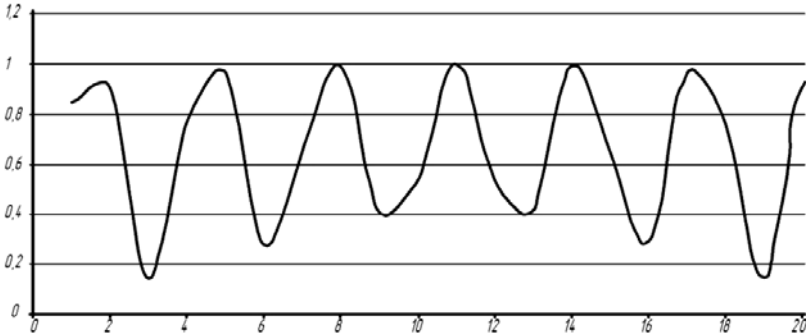
где  $c(\tau)$  – изменение концентрации на входе в холодильник, кг/м<sup>3</sup>.

Время, в течение которого моделировался процесс, составляло 1500 и 10000 элементарных тактов или 34 и 226 секунд соответственно. Пересчет временного показателя из тактов программы в общепринятые единицы выполнялся по формуле

$$\tau = n \frac{V_i}{G}, \quad (7)$$

где  $V_i$  – объем элементарной ячейки аппарата, м<sup>3</sup>;  $G$  – расход газа через аппарат, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – количество тактов, пересчитываемое в секунды.

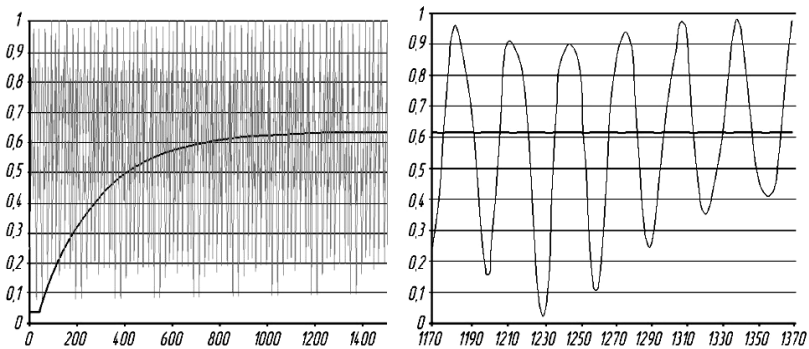
В начальный момент времени принималось, что аппарат содержит ГДС с концентрацией диоксида углерода, равной 4% объемных.



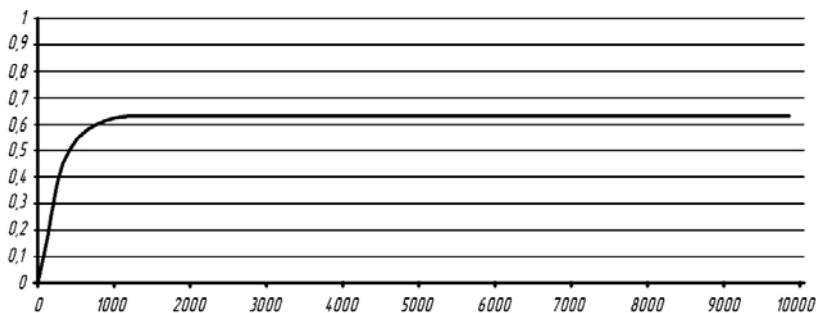
**Рис. 5. Изменение входной концентрации**

На рис. 5 приведены результаты расчетов выходной концентрации для указанного в табл. 1 холодильника. Слева показано изменение выходной концентрации за все время испытания, справа – выборка за 20 временных тактов, чтобы более наглядно показать отношение входной и выходной концентраций.

На графике можно увидеть, как сначала из холодильника вытесняется ГДС, которая находилась в нем в начальный момент времени, потом концентрация диоксида углерода возрастает и, наконец, стабилизируется. На рис. 4 видно, что процесс нарастания происходит плавно, без видимых откликов на возмущающие воздействия входной характеристики. Скорость нарастания концентрации зависит от конструкции холодильника и пропорциональна степени перемешивания газа.



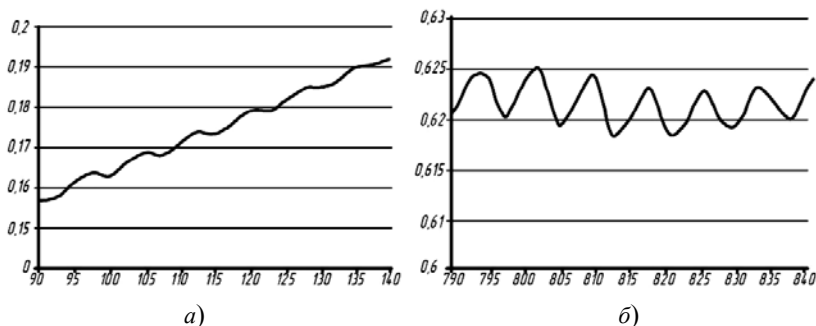
**Рис. 6. Результаты расчетов концентрации на выходе**



**Рис. 7. Результат длительного испытания**

Ниже, на рис. 5 приведены результаты расчета для длительного испытания холодильника. Основная цель такого расчета – оценить поведение концентрации на выходе после окончания второго этапа и полного вытеснения из аппарата газа, располагавшегося там, в начальный момент времени. Видно, что концентрация целевого компонента на выходе выравнивается, оставаясь затем практически постоянной.

Незначительные колебания концентрации на выходе холодильника все же присутствуют (см. рис. 5). Они являются реакцией на возмущающие входные воздействия и повторяют период входных изменений концентрации. Амплитуда этих колебаний составляет 0,2% от амплитуды колебаний концентрации на входе. Можно также отметить, что на этапе вытеснения из аппарата газа с начальным состоянием и роста концентрации на выходе, ее колебания практически отсутствуют.



**Рис. 8. Характер колебаний концентрации целевого компонента на выходе холодильника:**

*a* – на этапе вытеснения газа с начальным состоянием при изменении концентрации; *б* – после того, как газ вытеснен

*Технико-экономические расчеты.* Основной задачей стенда «Моделирования дыхания» является аттестация готового или находящегося на хранении у потребителя аппарата, изолирующего дыхание человека.

### 1. Прейскурантная стоимость

Наименование оборудования	Ед. изм.	Кол-во	Цена единицы, р.	Сумма, р.
ст. 3 лист 17	кг	37,0	36,74	1359,38
ст. 3 лист 30	кг	16,0	36,74	587,84
ст. 3 лист 60	кг	19,0	36,74	698,06
ст. 3 лист 90	кг	58,0	36,74	2130,92
Труба 70×10	кг	7,4	24,20	179,08
Швеллер 10	кг	4,3	35,21	151,40
Стеллаж	шт.	1,0	44599,32	44599,32
Болты	кг	0,5	83,06	41,53
Винты	кг	0,1	114,41	11,44
Гайки	кг	0,6	105,94	63,56
Шайбы	кг	0,1	88,98	8,90
Кольцо 1А17	шт.	1,0	10,00	10,00
Подшипник 2203	шт.	1,0	50,00	50,00
Мотор-редуктор 7МЦ2-60	шт.	1,0	16512,71	16512,71
Привод частотно-регулируемый	шт.	1,0	7093,22	7093,22
Трансформатор	шт.	1,0	400,00	400,00
Щит монтажный	шт.	1,0	500,00	500,00
Реле твердотельное	шт.	2,0	230,00	460,00
ВПБ18-101-112-110	шт.	3,0	2016,95	6050,85
Газоанализатор Гамма 100	шт.	2,0	230000,00	460000,00
ТРМ-200	шт.	6,0	3500,00	21000,00
L-Card E20-10	шт.	1,0	28000,00	28000,00
Сапфир 22ДИ	шт.	1,0	5600,00	5600,00
Сапфир 22ДВ	шт.	1,0	5600,00	5600,00
SV-008	шт.	1,0	18800,00	18800,00
РРГ-12	шт.	1,0	132000,00	132000,00
КТХК20-С10-И-11-80/200	шт.	8,0	500,00	4000,00
Всего				755908,80



*Капитальные (единовременные) затраты* – затраты на создание и внедрение проекта, которые могут направляться на проектирование, изготовление и монтаж новых узлов и оборудования, покупку комплектующих и технических средств, обеспечение дополнительными производственными площадями и инфраструктурой. Рассчитаем капитальные затраты по проекту. Прейскурантная стоимость включает в себя рыночную стоимость необходимого оборудования для совмещенного проведения работ. Стоимость оборудования можно сократить, используя общее оборудование на разных этапах работ.

Основные фонды и капитальные затраты вычисляются исходя из стоимости основных фондов. Данные занесем в табл. 3.

### 2. Суммарная стоимость оборудования цеха

Наименование расходов	Стоимость, тыс.д.е.	Пояснения к расчету
Прейскурантная стоимость	755,90	
Неучтенное оборудование	113,38	15% от ст. 1
<b>ИТОГО</b>	<b>869,29</b>	<b>Ст. 1 + ст. 2</b>
Транспортные и заготовительно-складские затраты и стоимость запчастей	434,64	5% от ст. 3
<b>ИТОГО</b>	<b>1303,94</b>	<b>Ст. 3 + ст. 4</b>
Монтаж оборудования	65,19	5% от ст. 5
Монтаж трубопроводов	65,19	5% от ст. 5
КИП и их монтаж	130,39	10% от ст. 5
Спецработы	65,19	5% от ст. 5
<b>ИТОГО</b>	<b>1629,9</b>	<b>Ст. 5 + ст. 6,7,8,9</b>

### 3. Основные фонды и капитальные затраты

Наименование элементов затрат	Стоимость основных фондов, тыс.д.е.	Внеобъектные затраты (5% от стоимости основных фондов), тыс. д.е.	Стоимость оборотных средств (30% от стоимости основных фондов), тыс. д.е.	Капитальные затраты, тыс. д.е.
Оборудование	1629,90	81,49	488,97	2200,36
<b>ИТОГО</b>	<b>1629,90</b>	<b>81,49</b>	<b>488,97</b>	<b>2200,36</b>

Расчет фонда оплаты труда рабочих лаборатории рассчитывается исходя из численности персонала цеха и средней месячной оплаты труда. Данные занесены в табл. 4.

За основу для составления калькуляции себестоимости принимается калькуляция себестоимости работ.

Количество аттестующихся партий, кол-во/год –100 шт.

Основное содержание данной статьи составляют амортизация на реновацию, отчисления в ремонтный фонд, содержание и эксплуатация оборудования и транспортных средств. Данные, полученные в результате расчета, внесем в табл. 7 и 8.

#### 4. Расчет фонда оплата труда рабочих на производстве

Работник	Категория	Чел/мес	Оклад, д.е.	Сумма за год д.е.
<b>Штаб лаборатории</b>				
Отдел ИСЗ				
Начальник отдела	Руководитель	1	7574,00	90888,00
Начальник сектора	Руководитель	5	7574,00	454440,00
Н. сотрудник	Рабочий	4	7574,00	363552,00
Вед. инженер	Рабочий	4	7574,00	363552,00
Конструкторский отдел				
Начальник отдела	Руководитель	0,5	7574,00	45444,00
Начальник ЭКБ	Руководитель	2	7574,00	181776,00
Вед. конструктор	Рабочий	3	7574,00	272664,00
Инж.-конструктор 1 кат.	Рабочий	3	7574,00	272664,00
Испытательный центр				
Вед. инженер	Рабочий	1	7574,00	90888,00
Инженер 1 кат.	Рабочий	1	7574,00	90888,00
ОКиС				
Начальник отдела	Руководитель	0,1	7574,00	9088,80
Вед. инженер	Рабочий	0,2	7574,00	18177,60
Инженер 1 кат.	Рабочий	0,2	7574,00	18177,60
Итого: по производственным рабочим				2272200,00
<b>Вспомогательные рабочие</b>				
Слесарь	Рабочий	3	7574,00	272664,00
ВСЕГО				2544864,00

**5. Сырье и энергетика**

Наименование ресурса	Ед. изм.	Норма расхода	Цена единицы, р.	Сумма, р.
Электроэнергия	кВт·ч	508,4	2,95	1496
Вода	м <sup>3</sup>	86,33	17,42	1524
Диоксид углерода	м <sup>3</sup>	40	12,5	500
Азот	м <sup>3</sup>	40	12,5	500
Итого				4020

**6. Расчет амортизационных отчислений**

Наименование элементов основных производственных фондов	Стоимость основных фондов, тыс.д.е.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, тыс.д.е.
Здание лаборатории	3000	4,5	135
Оборудование	2200,36	12	264,04

**7. Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования**

Наименование затрат	Сумма, тыс.д.е.	Пояснения к расчету
Содержание и расходы по эксплуатации производственного оборудования, аппаратуры, транспорта, в том числе:		
Зарплата рабочих по надзору, ремонту и уходу за оборудованием	272,664	Т. 2, п. 14
Отчисления на социальные нужды	82,344	30,2% от ст. 1.1
Смазочные, обтирочные материалы, запасные части и пр.	220,036	10% от стоимости оборудования
Итого по ст. 1	575,044	
Отчисления в ремонтный фонд	66,01	3% от стоимости оборудования
Амортизация производственного оборудования, аппаратуры, транспортных средств	264,04	Т. 5, п. 2
Прочие расходы, включающие внутрицеховое перемещение грузов, возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся инструментов, приспособления, а также прочие расходы, связанные с эксплуатацией оборудования	11,5	2% от суммы строк 1,2,3
Всего по смете	916,594	

Основное содержание статьи составляют: содержание цехового персонала, амортизация, отчисления в ремонтный фонд, затраты на содержание и эксплуатацию зданий и сооружений цеха, охрану труда.

Отпускная цена рассчитывается исходя из себестоимости работ и рентабельности.

Рентабельная цена за год вычисляется, как

$$Ц = C \left( 1 + \frac{R}{100} \right) = Ц1 = 49531,06 \left( 1 + \frac{30}{100} \right) = 64390,37 \text{ р.},$$

где  $C$  – себестоимость работ;  $R = 30\%$  – заданный процент рентабельности.

Проанализировав конкурентный рынок и рентабельную цену работ, определимся с действительной ценой. Цена аттестации 1 партии составила 160568,4 р.

Для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов используется норма дисконта  $E$ , которая обычно принимается на уровне среднего процента по банковским кредитам.

Денежный поток проекта ( $ДПit$ ) – разница между приростом поступлений и выплат по шагам проекта. Схема расчета денежного потока проекта работ представлена в табл. 10.

### 8. Смета цеховых расходов

Наименование затрат	Сумма, р.	Пояснения к расчету
Содержание производственных зданий и сооружений	30000	1% от стоимости здания лаборатории
Ремонт производственных зданий и сооружений	15000	0,5% от стоимости здания цеха
Амортизация производственных зданий и сооружений	135000	
Расходы по охране труда	254486,4	10% от общего фонда заработной платы
Итого	434486,4	
Прочие расходы, включающие износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря, расходы по испытаниям и прочие расходы на лабораторию	8689,728	2% от суммы ст. 1, 2, 3, 4
Всего по смете	443176,12	

### 9. Смета затрат на проведение аттестации

Статьи затрат	На 1 партию	На годовой объем, р.
Топливо и энергия	482,4	48240
Оплата труда	22722	2272200
Отчисления на социальные нужды	6862	686204,4
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	9165,94	916594
Цеховые расходы	8673,04	867304,98
Итого: Цеховая себестоимость	47905,43	4790543
Общезаводские расходы	136,33	13633,2 (0,6% от фонда заработной платы штата лаборатории)
Итого: Производственная себестоимость	48041,77	4804177
Внепроизводственные расходы	1201,04	120104,4 (2,5% от производственной себестоимости)
Внепроизводственные расходы	28825,05	28825,05 (0,6% от величины производственной себестоимости)
Полная себестоимость	49531,06	4953106,05

### 10. Денежный поток проекта

Наименование показателя	Значение показателя по годам			
	1	2	3	4
Объем продаж, т	100	100	100	100
Цена за штуку, р.	64390,37	64390,37	64390,37	64390,37
Выручка, р.	6439037,8	6439037,8	6439037,8	6439037,8
Переменные затраты, р.	3952063	3952063	3952063	3952063
Постоянные затраты, р.	1001043	1001043	1001043	1001043
Амортизация зданий, р.	135000	135000	135000	135000
Амортизация об-ния, р.	264040	264040	264040	264040
Прибыль до вычета налогов, р.	1485932	1485932	1485932	1485932
Налоги (20%), р.	297186,3	297186,3	297186,3	297186,3
Чистая прибыль, р.	1188745	1188745	1188745	1188745
Денежный поток проекта	1587785	1587785	1587785	1587785

Эффективность проекта характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов применительно к интересам его участников.

$K$  – сумма единовременных капиталовложений

$E = 15\%$

$$ЧДД = ДП_1 \frac{1}{(1+E)^1} + ДП_2 \frac{1}{(1+E)^2} + ДП_t \frac{1}{(1+E)^t} - K;$$

$$\begin{aligned} ЧДД &= 1587785 \frac{1}{(1+0,15)^1} + 1587785 \frac{1}{(1+0,15)^2} + 1587785 \frac{1}{(1+0,15)^3} + \\ &+ 1587785 \frac{1}{(1+0,15)^4} - 2200360 = 2332731,8. \end{aligned}$$

Индекс доходности ( $ИД$ ) представляет собой отношение суммы дисконтированных денежных потоков проекта за весь расчетный период к величине капиталовложений:

$$ИД = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^T \left( ДП_t \frac{1}{(1+E)^t} \right) = \frac{4533091,81}{2200360} = 2,06.$$

В случае, если  $ИД > 1$ , проект эффективен, если  $ИД < 1$ , проект неэффективен. Если речь идет о том, чтобы сделать выбор из двух проектов, то принято останавливаться на проекте, имеющем больший индекс доходности. Прежде всего, это касается предприятий, финансовые средства которых ограничены.

Срок окупаемости ( $T_{ок}$ ) может быть определен как время, необходимое для накопления денежного потока проекта, равного первоначальным капиталовложениям в проект

$$T_{ок} = \frac{TK}{\sum_{t=1}^T \left( ДП_t \frac{1}{(1+E)^t} \right)} = \frac{4 \cdot 2200360}{4533091,81} = 1,94.$$

Внутреннюю норму доходности ( $ВНД$ ) проекта можно определить как норму дисконта ( $E_{вн}$ ), при которой чистый дисконтированный доход проекта принимает нулевое значение.

$$\begin{aligned} ЧДД (E = 65,5\%) &= 1587785 \frac{1}{(1+0,65)^1} + 1587785 \frac{1}{(1+0,65)^2} + \\ &+ 1587785 \frac{1}{(1+0,65)^3} + 1587785 \frac{1}{(1+0,65)^4} - 2200360 = 1891,3. \end{aligned}$$

Если спрос на данный товар меньше, чем объем товара, обеспечивающий безубыточность, то его производство не будет самоокупаемым.

Точка безубыточности:

$$Q_6 = \frac{Z_{\text{пост}}}{C - Z_{\text{пер}}} = \frac{1001043}{64390,37 - 39520,63} = 40,25.$$

Запас финансовой безопасности аттестации:

$$ЗФБ = \frac{Q - Q_6}{Q} \cdot 100\% = \frac{100 - 40,25}{100} \cdot 100\% = 59,75.$$

Ни один из перечисленных критериев сам по себе не является достаточным для принятия проекта. Решение об инвестировании средств в проект должно приниматься с учетом значений всех перечисленных критериев и интересов всех участников инвестиционного проекта. Важную роль в этом решении должна играть также структура и распределение во времени капитала, привлекаемого для осуществления проекта, а также другие факторы, некоторые из которых поддаются только содержательному учету.

В данной работе была рассмотрена эффективность инвестиционных вложений в проект. Для обоснования экономической эффективности проекта были рассчитаны суммы инвестиций, а также рассчитаны основные показатели эффективности инвестиционного проекта. Исходя из данных показателей, можно сделать следующие выводы. ЧДД существенно больше нуля, что характеризует инвестиционный проект как эффективный.

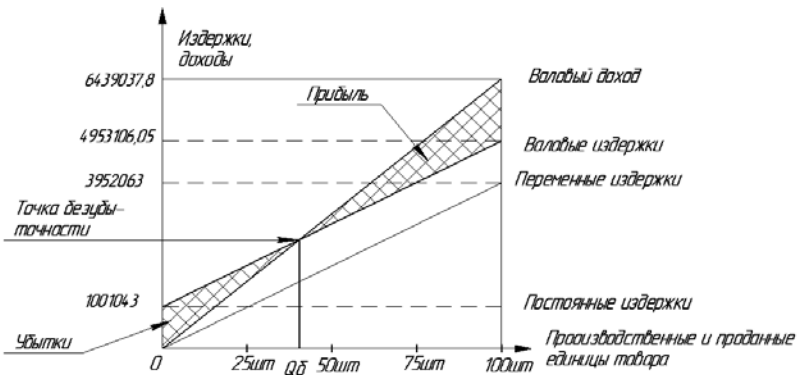


Рис. 9. График определения безубыточного объема продаж

**11. Показатели эффективности проекта**

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Годовой объем производства, $Q_{пр}$	партии	100
Безубыточный объем производства, $Q_б$	партии	40,25
Запас финансовой безопасности, ЗФБ	%	59,75
Капиталовложения в проект, К	р.	2200360,00
Себестоимость ед. работ, С	р.	49531,06
в том числе:		
– условно-переменные расходы, З. пер	р.	3952063,00
– условно-постоянные расходы, З. пост	р.	1001043,00
Рентабельность услуг, R	%	30
Цена аттестации ед. продукции, Ц	р.	64390,37
Максимальный прирост денежных поступлений, ДПт	р.	1587785,00
Норма дисконта, E	%	15
Чистый дисконтный доход, ЧДД	р.	2332731,80
Внутренняя норма доходности, ВНД	%	61,5
Индекс доходности инвестиций, ИД	доли ед.	2,06
Срок окупаемости инвестиций, Ток	годы	1,94
Горизонт расчета, Т	годы	4

Внутренняя норма доходности равна 61,5%, что равно дисконту  $E = 15\%$ , следовательно, проект является эффективным.

Срок окупаемости инвестиций говорит о том, что инвестиционный проект окупится ранее анализируемого периода времени в течение 1,94 года.

На основании проведенного анализа этих финансовых показателей можно сделать вывод, что инвестиционный проект экономически эффективен и его следует принять к реализации.

Результатом работы является модернизированная установка, отвечающая всем поставленным задачам. Подробно описан принцип



действия установки. Изложены методы математического моделирования системы «ИЛ-ИДА». Важным параметром для исследования была точность измерения параметров ГДС, в результате чего создана математическая модель холодильника. По результатам проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что холодильник может сглаживать колебания входной концентрации целевого компонента, обеспечивая отсутствие резких скачков концентрации диоксида углерода на выходе и перемешивание газовой смеси, поступающей в аппарат. Непериодические изменения концентраций на входе аппарата, или изменения с периодом, большим, чем время пребывания газа в аппарате, приводят к плавному изменению концентрации на выходе. Рассчитаны затраты на производство и прибыль, получаемые с сертификации аппаратов ИДА. Расчеты показали, что проект эффективен и капиталовложения оправданы.

### **Библиографический список**

1. Гудков, С. В. Совершенствование методики испытания изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом / С. В. Гудков, Д. С. Дворецкий, А. Ю. Хромов // Вестник ТГТУ. 2009. Т. 15, № 3. С. 589 – 597.
2. Глушко, А. А. Космические системы жизнеобеспечения (биофизические основы проектирования и испытания) / А. А. Глушко. – М. : Машиностроение, 1986.
3. Карпекин, В. В. Защитная способность изолирующих регенеративных дыхательных аппаратов / В. В. Карпекин, Н. С. Диденко // Технические приемы ведения горноспасательных работ и техническое оснащение ВГСЧ. – Донецк, 1982. – С. 115 – 120.
4. Бухаров, И. Б. Система транспорта кислорода: оптимизационно-технический подход и математическое моделирование : автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.18 / И. Б. Бухаров ; Рос. гос. технол. ун-т им. К. Э. Циолковского. – М., 2002.
5. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие для студ. спец. 280100 / С. В. Гудков, С. И. Дворецкий, С. Б. Путин, В. П. Таров. – М.: Машиностроение, 2008. – 188 с.
6. Стенд «Искусственные легкие» Руководство по эксплуатации ЦТКЕ. 5.184.000 РЭ.

7. Бельнов, В. К. Статистические методы оценки параметров математических моделей химических процессов / В. К. Бельнов. – М. : МГУ, 1991. – 159 с.

8. Дульнев, Г. Н. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности / Г. Н. Дульнев. – М., 1990.

9. Немтинов, В. А. Моделирование процесса перемешивания газовой смеси в холодильнике установки «ИЛ» / В. А. Немтинов, С. В. Гудков, С. Ю. Алексеев, А. Ю. Захаров // ВМПД. – 2014. – Т. 1. – С. 85 – 94.

### References

1. Gudkov C. B. Improving methods of testing self-contained breathing apparatus with a chemical oxygen / S.V. Gudkov, D. S. Butler, A. J. Khromov // Herald TSTU. – 2009. – V. 15. – N 3. – S. 589 – 597.

2. Glushko A. A. Space life support systems (biophysical basestirovanie projects and testing) / A. A. Glushko. – М.: Engineering, 1986.

3. Karpekin B. B. The protective ability of isolating regenerative respiratory-up preparations / V. V. Karpekin, N. S. Didenko // The techniques of conducting rescue work and technical equipment VGSC. – Donetsk, 1982. – P. 115 – 120.

4. Bukharov I. B. Oxygen transport system: optimization and technical approaches and mathematical modeling: abstract dis. ; Doctor of Technical Sciences: 05.13.18 / I. B. Bukharov. Ros. state. tehnol. Univ them. Tsiolkovsky. – М., 2002.

5. Contained breathing apparatus and the basis of their design: a textbook for students. spec. : 280100 / S. V Gudkov, S. Butler, S. B. Putin, V. P. Tarov. – М. : Mamechanical engineering, 2008. – 188 p.

6. STAND «artificial lung» Operating Instructions TSTKE. 5,184,000 OM.

7. Bel'nov V. K. Statistical methods for estimating the parameters of mathematical models of hi-cal processes / V. Bel'nov. – М. : МГУ, 1991. – 159 p.

8. Dulnev G. N. The use of computers for solving problems of heat conduction / G. N. Dulnev. – М., 1990.

9. Nemtinov V. A. Simulation of the process of mixing the gas mixture in the refrigerator SETTINGS «IL» / V. A. Nemtinov, S. V. Gudkov, S. Y. Alekseev, Yu. Zakharov // VMPPD. – 2014. – V. 1. – P. 85 – 94.

УДК 66-2

## БАЗА 3D-МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**И. Н. Ерохина**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)630706, e-mail: inerohina@yandex.ru)*

*Аннотация:* Описаны 3D-модели элементов технологического оборудования в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования».

*Abstract:* We describe a 3D model of the process equipment elements in the virtual cabinet «Designing technological equipment».

*Ключевые слова:* технологическое оборудование, 3D-модели, виртуальный кабинет.

*Keywords:* technological equipment, 3D models, virtual cabinet.

В Тамбовском государственном техническом университете на протяжении ряда лет успешно эксплуатируется виртуальный кабинет курсового и дипломного проектирования «Конструирование технологического оборудования» [1 – 3]. Под виртуальным кабинетом понимается информационная система, предназначенная для студентов, изучающих специализированные учебные курсы по устройству, методам расчета и методам конструирования технологического оборудования.

Одним из эффективных способов изучения конструкций химического оборудования является использование 3D-моделей этих конструкций. Современные средства создания 3D-моделей позволяют создавать очень реалистические виртуальные образы конструкций. Имеются также свободно распространяемые средства визуализации 3D-моделей, в том числе и в глобальной сети Internet. В качестве формата хранения 3D-моделей, предназначенных для визуализации в сети Internet, выбран формат easm. Для визуализации используется свободно распространяемая программа EDrawing, которую можно установить с сайта фирмы SolidWorks ([www.solidworks.com](http://www.solidworks.com)). Данная программа позволяет вращать 3D-модель, видеть структуру сборочной единицы, разбирать сборочные единицы и выполнять различные сечения, делать невидимыми отдельные элементы сборки (рис. 1).

В настоящее время разработаны 3D-модели следующих элементов:

- перемешивающие устройства;
- соединительные муфты валов перемешивающих устройств;
- приводы аппаратов с перемешивающим устройством;

## Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2015

- барабанный аппарат и его элементы;
- фланцевые соединения аппаратов;
- элементы колонных аппаратов;
- элементы кожухотрубчатого теплообменника;
- опорные и строповые устройства емкостного оборудования.

Вызов соответствующей модели осуществляется из меню, в котором использованы изображения элементов в формате jpg (рис. 2, 3)

Описанные 3D-модели используются при обучении студентов специальности «Машины и аппараты химических производств» и магистров направления «Информационные системы технологического оборудования».

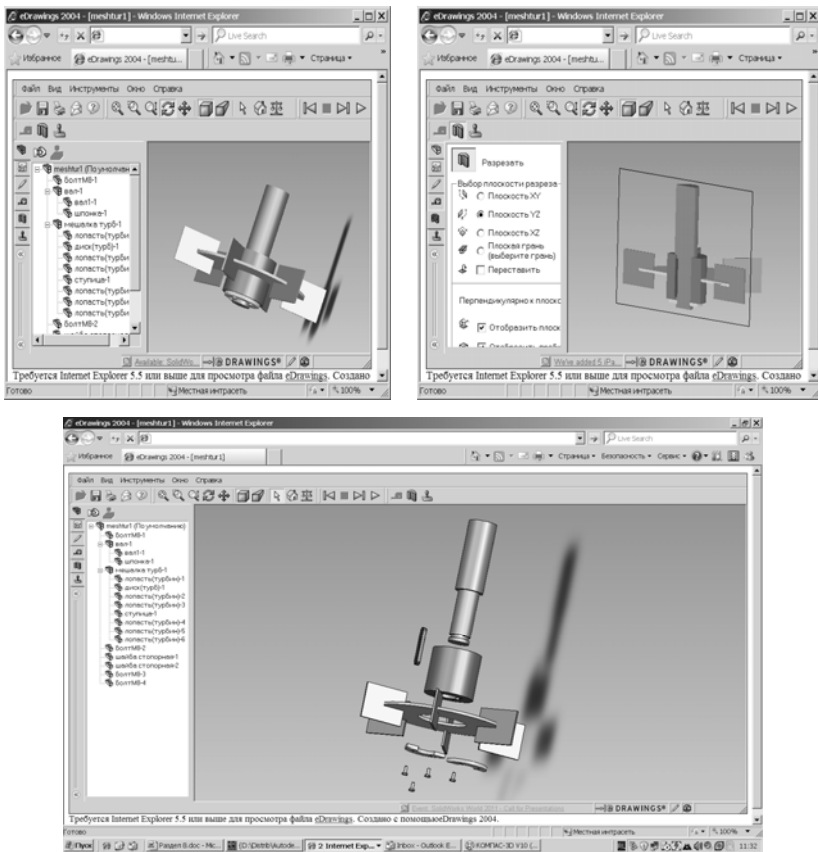


Рис. 1. Примеры использования программы EDrawing

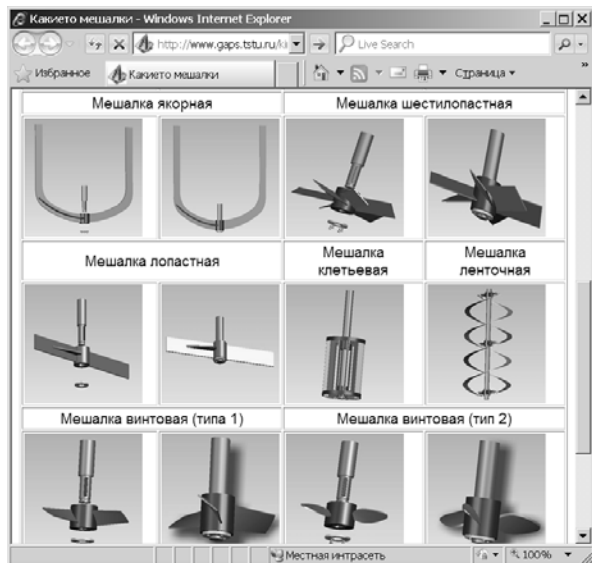
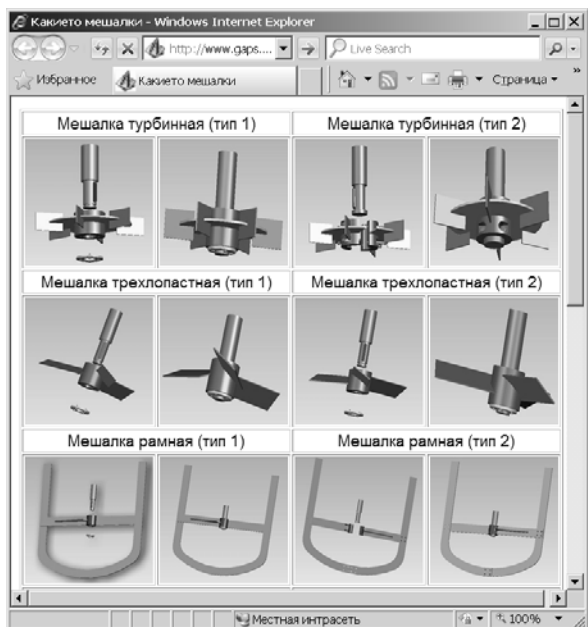


Рис. 2. Меню конструкций перемешивающих устройств



Рис. 3. Меню элементов привода

### Библиографический список

1. Мокрозуб, В. Г. 77-30569/227902. Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» / В. Г. Мокрозуб, А. А. Борисяк, Е. С. Егоров // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – № 10. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (дата обращения: 07.09.2015).
2. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем : монография / В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г. Р. Державина, 2011. – 282 с.
3. Мокрозуб, В. Г. Интеллектуальные информационные системы автоматизированного конструирования технологического оборудования. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011. – 128 с.

### References

1. Mokrozub, V. G. 77-30569/227902 Virtual'nyj kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovanija» / V. G. Mokrozub, A. A. Borisjak, E. S. Egorov // Nauka i obrazovanie. MGТУ im. N. Je. Baumana. Jelektron. zhurn. – 2011. – № 10. – Rezhim dostupa: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (data obrashhenija: 07.09.2015).
2. Metody i algoritmy sozdanija virtual'nyh modelej himiko-tehnologicheskikh sistem : monografija / V. A. Nemtinov i dr. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. un-ta im. G. R. Derzhavina, 2011. – 282 s.
3. Mokrozub, V. G. Intellektual'nye informacionnye sistemy avtomatizirovannogo konstruirovanija tehnologicheskogo oborudovanija. – Tambov: Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2011. – 128 s.

**КОНСТРУКТОРСКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВ**

УДК 620.179.52

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Э. О. Наумов**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(тел. +7 980 6713048, e-mail: neuh94@yandex.ru)*

**Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» А. А. Родиной.**

*Аннотация:* в статье приводится исследование оптимального выбора инструментального материала для обработки стали 20X13 на напряженно-деформированное состояние материала и тепловой анализ материала при помощи программ твердотельного моделирования.

*Abstract:* the article presents a study on optimal selection of tool material for machining of steel 20X13 on the stress strain state of the material and thermal analysis of the material using solid modelling software.

*Ключевые слова:* инструментальный материал, напряженно-деформированное состояние, тепловой анализ, программа твердотельного моделирования, твердый сплав.

*Keywords:* tool material, stress strain state, thermal analysis, solid modeling program. solid alloy.

История развития обработки металлов показывает, что одним из эффективных путей повышения производительности труда в машиностроении является применение новых инструментальных материалов. Например, применение быстрорежущей стали вместо углеродистой инструментальной позволило увеличить скорость резания в 2 – 3 раза. Это потребовало существенно усовершенствовать конструкцию металлорежущих станков, прежде всего, увеличить их быстроходность и мощность. Аналогичное явление наблюдалось также при использовании в качестве инструментального материала твердых сплавов.

Инструментальный материал должен иметь высокую твердость, чтобы в течение длительного времени срезать стружку. Значительное превышение твердости инструментального материала по сравнению с твердостью обрабатываемой заготовки должно сохраняться и при нагреве инструмента в процессе резания. Способность материала инструмента сохранять свою твердость при высокой температуре нагрева



определяет его красностойкость (теплостойкость). Режущая часть инструмента должна обладать большой износостойкостью в условиях высоких давлений и температур.

Важным требованием является также достаточно высокая прочность инструментального материала, так как при недостаточной прочности происходит выкашивание режущих кромок либо поломка инструмента, особенно при их небольших размерах.

Инструментальные материалы должны обладать хорошими технологическими свойствами, т.е. легко обрабатываться в процессе изготовления инструмента и его переточек, а также быть сравнительно дешевыми.

В настоящее время для изготовления режущих элементов инструментов применяются инструментальные стали (углеродистые, легированные и быстрорежущие), твердые сплавы, минералокерамические материалы, алмазы и другие сверхтвердые и абразивные материалы.

Исследование проводилось с целью оптимального выбора инструментального материала для обработки стали 20X13. Мною было предложено 2 варианта инструментальных материалов: однокорбидный твердый сплав ВК8 и трехкорбидный твердый сплав ТТ8К6. Для более точного выбора я провел анализ напряженно-деформированного состояния материала и тепловой анализ материала. Ниже приведены результаты исследования.

Результаты напряженно-деформированного анализа состояния материала.

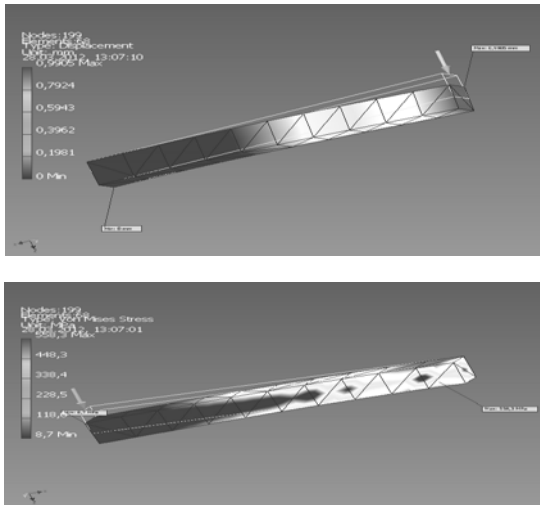
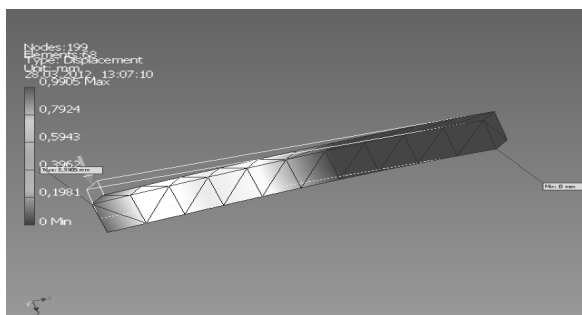
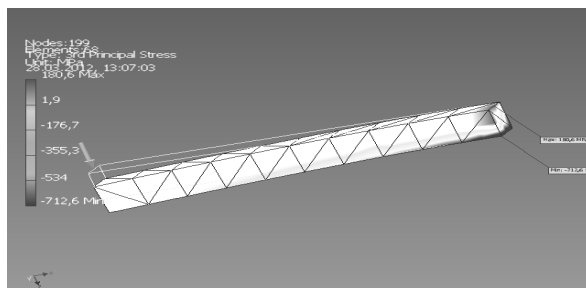
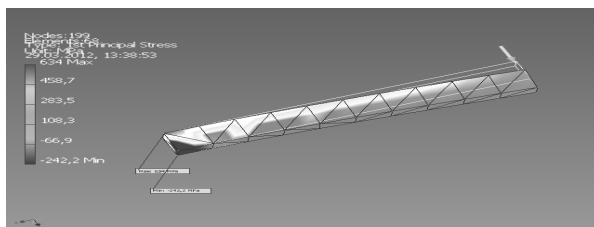
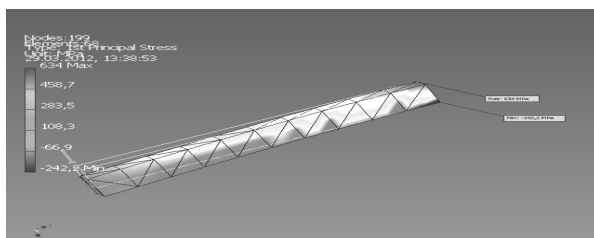


Рис. 1. Первые основные напряжения ВК8



**Рис. 2. Вторые основные напряжения ВК8**



**Рис. 3. Первые основные напряжения ТТ8К6**

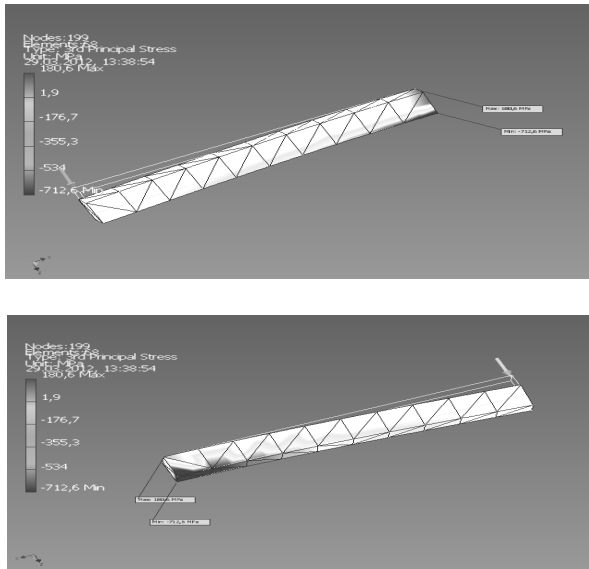


Рис. 4. Вторые основные напряжения ТТ8К6

*Вывод:* Из анализа напряжения двух материалов ВК8 и ТТ8К6 видно, что при обработке лучше применение материала ТТ8К6, потому что коэффициент безопасности ТТ8К6 = 3,05 > 2,52 ВК8.

*Результаты теплового анализа состояния материала.*

Расчет теплостойкости с инструментальным материалом ВК8.

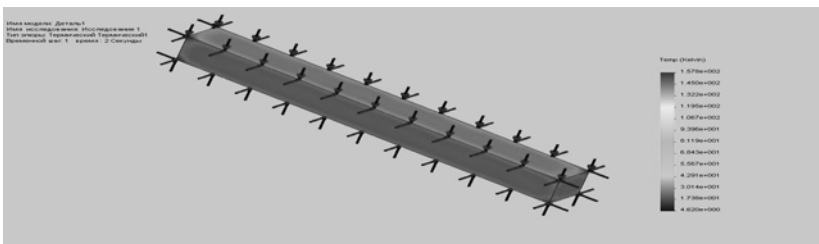


Рис. 5. Деталь-исследование 1-Термический

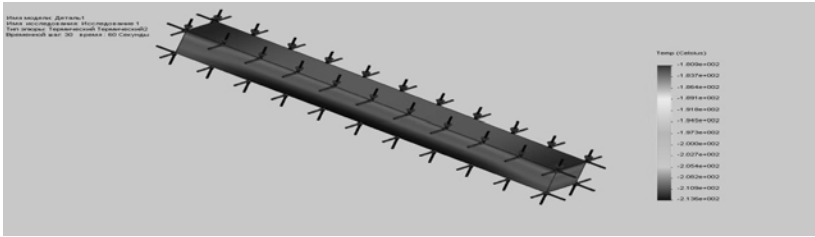


Рис. 6. Деталь-исследование 2-Термический

Расчет теплостойкости с инструментальным материалом ТТ8К6.

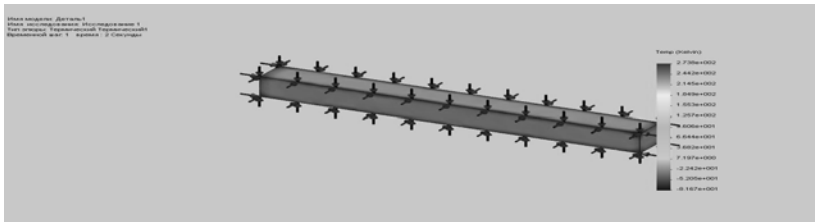


Рис. 7. Деталь-исследование 1-Термический

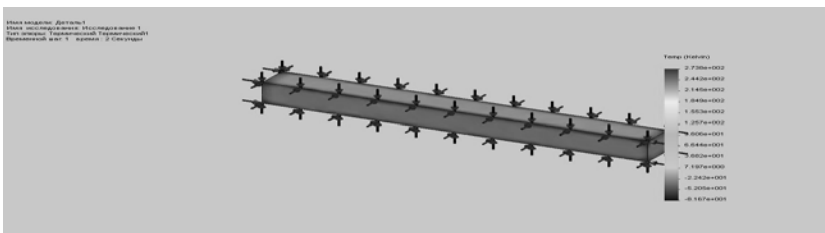


Рис. 8. Деталь-исследование 2-Термический

**Вывод:** из анализа теплостойкости видно, что при обработке инструмента с материалом ТТ8К6 заготовка менее устойчива к теплостойкости, чем инструмент с материалом ВК8.

### Библиографический список

1. Исследование производительности шлифования абразивными лентами с самозатачивающимся зерном / Б. Н. Хватов, Д. В. Зубков, А. А. Родина. – Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 1031 – 1037.

2. Математическое моделирование процесса зенкерования и оптимизация геометрических параметров режущего инструмента в среде solidworkspremium 2012 / С. И. Пестрецов, А. А. Родина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 3. – С. 37 – 41.

3. Хватов, Б. Н. Технологическое обеспечение качества поверхности при механической обработке : учебное пособие [Электронный ресурс] / Б. Н. Хватов, А. А. Родина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.

4. Vanin V. A., Kolodin A. N., Rodina A. A. Kinematic structure of metal-cutting machines with hydraulic couplings // Russian Engineering Research 34 (12). – 2015. – P. 763 – 768.

### References

1. Research performance grinding with abrasive belts self-sharpening grain / B. N. Khvatov, D. V. Zubkov // And The Homeland. And. Bulletin of Tambov state technical University. – 2012. – Т. 18. – No. 4. – P. 1031 – 1037.

2. Mathematical modeling of reaming process and optimization of geometrical parameters of cutting tools in SolidWorks premium 2012 / Pestretsov S. I. // And Homeland. And. Problems of contemporary science and practice. University. V. I. Vernadsky. – 2012. – No. 3. – P. 37 – 41.

3. Khvatov, B. N. Technological provision of the quality of the surface when machined. Training manual [Electronic resource] / B. N. Khvatov, A. A. Rodina. – Tambov: Publishing house of TSTU, 2012. – 80 p.

4. Vanin V. A. Kinematic structure of metal-cutting machines with hydraulic couplings / V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. A. Rodina. Russian Engineering Research 34 (12). – 2015. – P. 763 – 768.

УДК 621.9-05

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ДЕТАЛИ «КОРПУС»**

**Д. А. Харин**

*Тамбовский государственный технический  
университет, Россия, Тамбов  
(тел. +7 980 674 75 57, e-mail: dima68rus@mail.ru)*

**Работа выполнена под руководством старшего преподавателя  
кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машино-  
строении» А. А. Родиной.**

Аннотация: В статье рассматривается приспособление обеспечивающее возможность установки заготовок на станке без выверки, позволяющее устранить выверку детали на станке и обеспечивающее возможность автоматического получения точности размеров повышающее производительность труда за счет сокращения вспомогательного времени.

*Abstract:* The paper presents an adaptation providing a possibility of installation of preparations on the machine tool without the adjustment is considered, allowing to eliminate adjustment of a detail on the machine tool and providing a possibility of automatic reception of dimensional accuracy raising labor productivity due to reduction of auxiliary time.

*Ключевые слова:* станочное приспособление, заготовка, базирование, зажим заготовки.

*Keywords:* machine-tool, billet, basing, work piece clamping.

При проектировании станочных приспособлений среди множества различных задач, которые приходится решать технологу и конструктору, наиболее важными являются установка и закрепление детали в приспособлении, и выбор привода приспособления.

Приспособление, являясь одним из звеньев цепи станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД), вносит определенную долю в величину производственной погрешности, возникающей при обработке деталей на станках. Чтобы учесть эту часть погрешности, получить возможность регулировать ее или свести к минимуму, необходимо проектирование приспособления производить на основе расчетов. Они включают в себя расчет погрешностей установки детали в приспособлении, расчет потребных и действительных сил зажима и на этой ос-

нове расчет геометрических и конструктивных параметров установочных и зажимных элементов, зажимных механизмов и приводов.

Проектирование приспособлений без таких расчетов может привести к необоснованному ужесточению допусков на их отдельные элементы, неправильному выбору зажимных устройств и привода, созданию громоздких приспособлений и повышенному расходу энергии, что вызовет неоправданные затраты производства [1].

Рассмотрим изготовление приспособления на примере детали «корпус».

Из анализа заготовки видно, что для установки ее в приспособление за базы следует принять поверхности торца, которые являются предварительно обработанными. Деталь устанавливается на столе и прижимается при помощи прихватов, для направления многошпиндельной головки используется направляющая скалка.

Заготовка базируется на столе при помощи прихватов, которые исключают смещение под действием сил резания. Обработка всех десяти отверстий осуществляется при помощи многошпиндельной головки с использованием кондуктора.

Конструкция зажимного устройства выбирается из соотношения такта выпуска  $T_B$  и штучного времени на обработку. Такт выпуска при годовом объеме выпуска  $N = 10000$  шт. и действительном годовом фонде времени работы станка в одну смену  $F_d = 2014$  ч.

$$T_B = 60F_d / N = 60 \cdot 2014 / 10000 \approx 12 \text{ мин.}$$

Коэффициент загрузки оборудования в крупносерийном и массовом производствах рекомендуется принимать в пределах  $k_3 = 0,65 \dots 0,75$ .

Штучное время при использовании по данным одного станка можно определить из формулы коэффициента загрузки:  $k_3 = t_{шт} / t_B$ . Отсюда

$$t_{шт} = k_3 T_B = 0,75 \cdot 8 = 9 \text{ мин.}$$

В свою очередь штучное время в проектных расчетах можно определять по формуле:

$$t_{шт} = (t_0 + t_B)(1 + a/100), \quad (1)$$

где  $t_0$  – основное технологическое время (в соответствии с условиями  $t_0 = 0,45$  мин);  $t_B$  – вспомогательное время, мин;  $a$  – коэффициент,

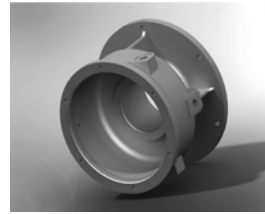


Рис. 1. 3D-модель детали

учитывающий потери времени на техническое и организационное обслуживание и регламентированные перерывы, т.е.  $t_{т.о}$ ,  $t_{о.о}$  и  $t_{ц}$  ( $a=6...10$ , принимаем  $a=10\%$ ).

Из приведенной формулы определяется  $t_B$ :

$$t_B(1+a/100) = t_{шт} - t_o(1+a/100), \text{ или}$$

$$t_B = (t_{шт} - 1,1t_o)/1,1 = (9 - 1,1 \cdot 0,1)/1,1 = 7 \text{ мин.}$$

Таким образом, выявлено, что фактическое значение  $t_e$  не должно превышать в описанных условиях 7 мин.

Принимается решение: на приспособление для обеспечения зажима заготовки не требуется устанавливать какие-либо зажимные устройства (вроде пневмоцилиндров), так как времени на зажим–отжим, осуществляемый вручную (прихватами), вполне достаточно. Закреп-

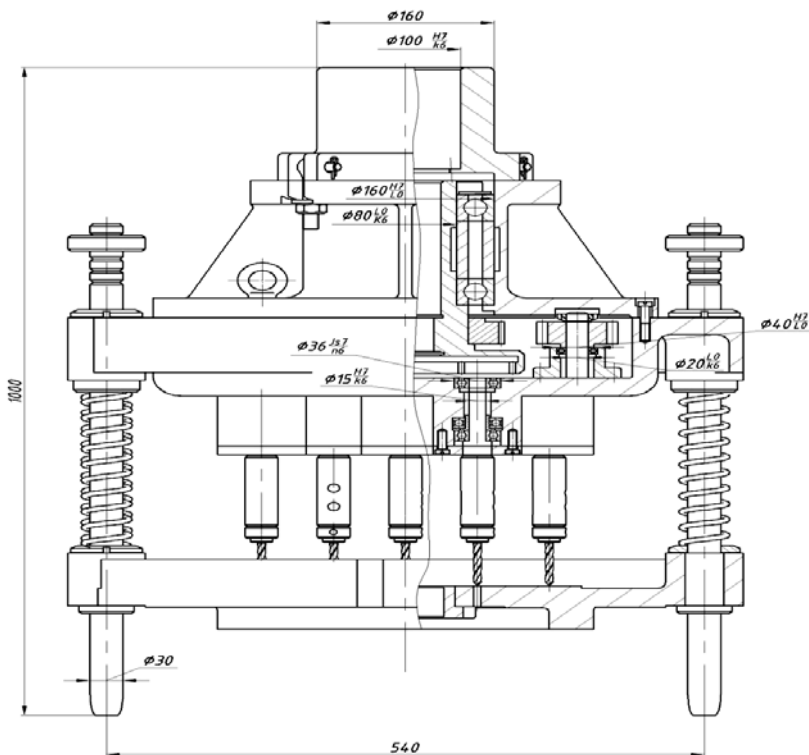


Рис. 2. Схема приспособления



ление заготовки происходит без применения зажимных устройств. Длина перемещения скалки должна обеспечивать беспрепятственное снятие и установку заготовки.

Приспособление имеет следующую конструкцию:

– шпинделю станка винтами прикрепляется многошпиндельная головка. К этой головке прикрепляется кондуктор, который будет являться направляющим элементом для инструмента. Кондуктор и головка направляются при помощи скалок.

Заготовку устанавливают на столе, включают станок и производят обработку. После обработки головка под действием пружин отходит вверх, деталь отжимается и снимается со станка, и цикл повторяется.

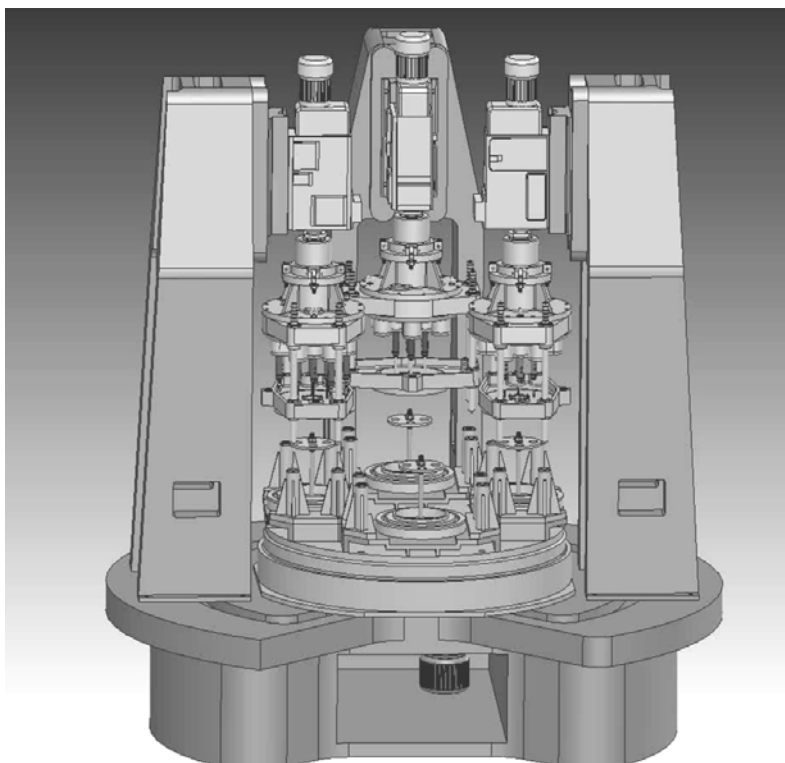


Рис. 3. 3D-модель приспособления в сечении

### Библиографический список

1. Ванин, В. А. Приспособления для металлорежущих станков / В. А. Ванин, А. Н. Преображенский, В. Х. Фидаров.– Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2008. – 316 с.
2. Пестрецов, С. И. Методика оптимального проектирования процессов лезвийной обработки материалов / С. И. Пестрецов, А. А. Родина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010.– № 10 – 12(31). – С. 369 – 372.
3. Хватов, Б. Н. Технологическое обеспечение качества поверхности при механической обработке [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Н. Хватов, А. А. Родина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – 80 с.
4. Пестрецов, С. И. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / С. И. Пестрецов, А. А. Родина, А. Н. Колодин. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 48 с.

### References

1. Vanin, V. A. Devices for machine tools./ V. A. Vanin, A. N. Preobrazhenskaya, V. H. Fidarov. – Tambov : Publishing house of TSTU. – 2008. – 316 p.
2. Pestrecov, S. I. Methods of optimal process design of cutting edge materials processing / S. I. Pestrecov, A. A. Rodina // Problems of contemporary science and practice. University.V. I. Vernadsky. – 2010. – № 10 – 12(31). – P. 369 – 372.
3. Khvatov, B. N. Technological provision of the quality of the surface when machined. Training manual. [Electronic resource] / B. N. Khvatov, A. A. Rodina. – Tambov : Publishing house of compromise. State. Tech. un-ta, 2012. – P. 80.
4. Pestrecov, S. I. Technology of mechanical engineering [Electronic resource] : methodical instructions to course and degree designing / S. I. pestretsov, A. A. Rodina, A. N. Kolodin. – Tambov : FGBOU VPO «theTambovstatetechnicalUniversity», 2013. – P. 48.

УДК 621.91.01

**СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕТАЛИ «ВАЛ»  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ  
ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SOLIDWORKS**

**А. В. Солдатов**

*Тамбовский государственный  
технический университет, Россия, Тамбов,  
(Тел. 89029367267, e-mail: andrey.soldatoff2012@yandex.ru)*

**Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» А. А. Родиной.**

*Аннотация:* В данной статье рассматривается проведение статического анализа детали при помощи программы твердотельного моделирования SOLIDWORKS.

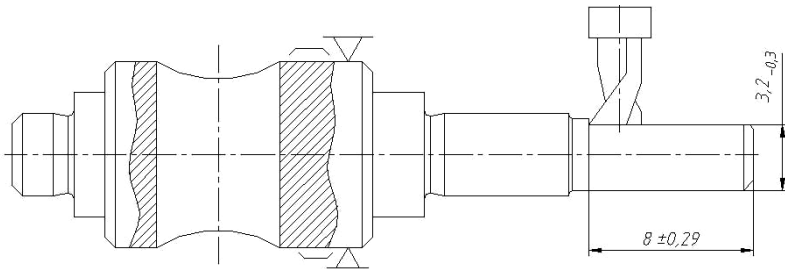
*Abstract:* This article discusses the details of statistical analysis using solid modeling program SOLIDWORKS.

*Ключевые слова:* статический анализ, технологический процесс, SolidWorks, пневматические тиски, режимы резания.

*Keywords:* static analysis process, SolidWorks, pneumatic clutches, cutting conditions.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.

Проведение статического анализа при проектировании технологического процесса изготовления деталей машиностроения необходимо для определения силы перемещений, напряжения, нагрузки и реакции при воздействии приложенных нагрузок во время обработки. Тело, когда к нему применяются нагрузки, деформируется и воздействие нагрузок передается через все тело. Внешние нагрузки включают в себя внутренние силы и реакции, которые компенсируют воздействия и возвращают тело в состояние равновесия.



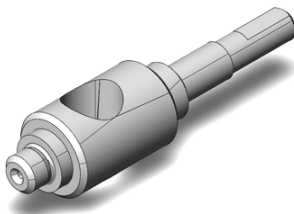
**Рис. 1. Схема базирования заготовки на фрезерной операции**

Для проведения статического анализа необходимо исследовать материал заготовки, разработать технологический процесс изготовления детали, определить режимы резания и метод закрепления заготовки.

В данной статье рассмотрим проведение статического анализа для фрезерной операции при изготовлении детали «Вал».

Деталь изготовлена из стали 45 ГОСТ 1050–88. В процессе работы деталь подвергается статическим и динамическим нагрузкам. Материал детали предназначен для безударной работы в течение длительного времени. Заготовка представляет собой пруток. Деталь имеет хорошие установочные базы и поверхности для зажима в приспособлении. Анализ технологичности конструкции вала показал, в общем целом конструкция является технологичной. На рис. 1 представлена схема базирования заготовки на фрезерной операции.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.



**Рис. 2. Деталь «Вал»**

Сила резания при фрезеровании:  $P_z = 3327 \text{ Н}$

### 1. Информация о модели

Твердые тела		
Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства
Вырез-Вытянуть11 	Твердое тело	Масса: 0.00709145 kg Объем: 8.97652e-007 m <sup>3</sup> Плотность: 7900 kg/m <sup>3</sup> Масса: 0.0694962 N

### 2. Свойства материала

Ссылка на модель	Свойства	
	Имя:	AISI 1020
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
	Предел текучести:	3.51571e+008 N/m <sup>2</sup>
	Предел прочности при растяжении:	4.20507e+008 N/m <sup>2</sup>

### 3. Нагрузки и крепления

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления	
Зафиксированный-1		<b>Объекты</b>	4 грани
		Тип:	Зафиксированная геометрия

**4. Результаты исследования**

Имя	Тип	Мин	Макс
Stress	VON: Напряжение Von Mises	0.0016103 N/m <sup>2</sup> Узел: 256	3.70149e+006 N/m <sup>2</sup> Узел: 11716



**6-SimulationXpress Study-Напряжение-Stress**

Имя	Тип	Мин	Макс
Displacement	URES: Результирующее перемещение	0 mm Узел: 45	0.000581838 mm Узел: 244



**6-SimulationXpress Study-Перемещение-Displacement**

Factor of Safety	Максимальное напряжение von Mises	94.981 Узел: 11716	2.18326e+011 Узел: 256
------------------	--------------------------------------	-----------------------	---------------------------



**6-SimulationXpress Study-Запас прочности-Factor of Safety**

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что при фрезеровании лыски и закреплении заготовки в патроне результирующие перемещения соответствуют допустимым значениям. Напряжения, возникающие на валу, не являются критическими.

### Библиографический список

1. Пестрецов, С. И. Методика оптимального проектирования процессов лезвийной обработки материалов / С. И. Пестрецов, А. А. Родина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 10 – 12(31). – С. 369 – 372
2. Пестрецов, С. И. Математическое моделирование процесса зенкерования и оптимизация геометрических параметров режущего инструмента в среде SolidWorks Premium 2012 / С. И. Пестрецов, А. А. Родина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 3(41). – С. 37 – 41.
3. Хватов, Б.Н. Технологическое обеспечение качества поверхности при механической обработке [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Н. Хватов, А. А. Родина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – 80 с.
4. Пестрецов, С. И. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / С. И. Пестрецов, А. А. Родина, А. Н. Колодин. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 48 с.

### References

1. Pestrecov, S. I. Methods of optimal process design of cutting edge materials processing / S. I. Pestrecov, A. A. Rodina // Problems of contemporary science and practice. University. V. I. Vernadsky. – № 10 – 12(31). – 2010. – P. 369 – 372.
2. Pestrecov, S. I. Mathematical modeling of reaming process and optimization of geometrical parameters of cutting tools in SolidWorks Premium 2012 / S. I. Pestrecov, A. A. Rodina // Problems of contemporary science and practice. University. V. I. Vernadsky. – 2012. – № 3(41). – P. 37 – 41.
3. Khvatov, B. N. Technological provision of the quality of the surface when machined. Training manual [Electronic resource] / B. N. Khvatov, A. A. Rodina. – Tambov : Publishing house of compromise. State. Tech. un-ta, 2012. – P. 80.
4. Pestrecov, S. I. Technology of mechanical engineering: Methodical instructions to course and degree designing [Electronic resource] / S. I. Pestretsov, A. A. Rodina, A. N. Kolodin. – Tambov : FGBOU VPO «the Tambov state technical University», 2013. – P. 48.

**ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ  
И БИОТЕХНОЛОГИИ**



УДК 66.067

## **ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

**С. И. Котенев, О. А. Абоносимов**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов (Тел. (4752) 630370, e-mail: dimamt2011@mail.ru)*

*Аннотация:* В работе рассмотрена проблема очистки сточных вод гальванических производств. Рассмотрены основные кинетические характеристики обратноосмотического разделения растворов, к которым относятся диффузионная, гидродинамическая проницаемости и коэффициент задержания. Оценено влияние концентрации, температуры и давления на основные кинетические характеристики обратноосмотического разделения растворов. Приведены результаты исследования рентгеновской степени кристалличности мембраны МГА-95.

*Abstract:* The paper considers the problem of wastewater treatment in electroplating. The main kinetic characteristics of reverse osmosis separation of solutions, which include diffusion, hydrodynamic permeability coefficient detention. The influence of concentration, temperature and pressure on the basic kinetic characteristics of reverse osmosis separation of solutions. The results of the study of X-ray degree of crystallinity of the membrane MGA-95.

*Ключевые слова:* гальваническое производство, мембраны, кинетические характеристики, рентгеновское рассеяние, степень кристалличности.

*Keywords:* galvanic production, membranes, kinetic characteristics, X-ray scattering, the degree of crystallinity.

Основным видом отходов гальванического производства являются промывные воды, содержащие в большом количестве ионы тяжелых металлов. Для снижения количества тяжелых металлов в сточных водах до предельно допустимых концентраций (ПДК) необходимо использовать замкнутую систему водоснабжения, т.е. промывные воды, подвергшиеся очистке от примесей, возвращать в технологический процесс, а извлеченные примеси – на захоронение или переработку. Таким образом, очистка сточных вод гальванопроизводств является одной из самых актуальных проблем [1 – 4].

В работе проводились исследования по разделению технических растворов от солей тяжелых металлов ( $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). В исследованиях использовались ацетатцеллюлозные мембраны МГА-95 и МГА-95П.

По результатам экспериментов определялись основные кинетические характеристики разделения: диффузионная, гидродинамическая проницаемость и коэффициент задержания.

Исследования структуры композиционной мембраны МГА-95 проводились методом рентгеновского рассеяния в больших углах.

При анализе полученных зависимостей можно отметить, что с ростом концентрации диффузионная проницаемость по меди и хрому возрастает. Это можно объяснить природой растворенных веществ [5, 6].

По экспериментальным данным по диффузионной проницаемости и сорбционной емкости рассчитывали экспериментальный коэффициент диффузии солей хрома и меди через мембраны по следующей формуле:

$$D_{\delta} = \frac{P_{\delta} \cdot C_{\text{исх}}}{\bar{C}}, \quad (1)$$

где  $\bar{C}$  – концентрация вещества в мембране.

Проведенные эксперименты по коэффициентам задержания и гидродинамической проницаемости выявили следующие закономерности. При увеличении концентрации растворов для всех исследуемых веществ коэффициенты задержания и гидродинамической проницаемости практически остаются постоянным, что характерно для обратноосмотического разделения сильноразбавленных растворов, к которым можно отнести исследуемые растворы [3].

С увеличением скорости течения раствора в межмембранном канале коэффициенты задержания и гидродинамической проницаемости незначительно возрастают. Это объясняется тем, что с ростом скорости течения раствора над мембраной уменьшается влияние эффекта концентрационной поляризации [7, 8].

Рост температуры разделяемых растворов также вызывает увеличение коэффициента гидродинамической проницаемости мембран, так как снижается вязкость растворов, что улучшает процесс разделения.

С учетом полученных зависимостей коэффициента гидродинамической проницаемости мембраны МГА-95 от давления, скорости течения раствора и температуры для расчета значений получено следующее аппроксимационное выражение:

$$K = \frac{G}{k(P - \Delta\pi) \cdot \alpha \cdot \text{Re}^n \cdot (T/T_0)^m}, \quad (2)$$

где  $k$ ,  $a$ ,  $m$ ,  $n$  – эмпирические коэффициенты;  $T_0$ ,  $T$  – реперная (принятая нами 293 К) и рабочая температура разделяемого раствора.

Для расчета коэффициента задержания использовалась модифицированная формула Б.В. Дерягина, Н.В. Чураева, Г.А. Мартынова, В.М. Старова [2], которая получена на основе теории конвективной диффузии:

$$k = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{vh}{D_m}\right) \right] \exp\left(-\frac{v\delta}{D_0}\right)}, \quad (3)$$

где  $D_0$ ,  $D_m$  – коэффициенты диффузии в свободном объеме и в мембране соответственно, которые зависят от концентрации растворенного вещества и температуры раствора;  $h$  – толщина мембраны;  $v$  – скорость фильтрации;  $\delta$  – толщина ламинарного подслоя раствора у поверхности мембраны;  $\gamma$  – величина, учитывающая сорбционные свойства мембраны.

По результатам исследования рентгеновской степени кристалличности мембраны МГА-95 отмечено, что в процессе набухания происходит изменение надмолекулярной структуры материала мембраны за счет деформации, как кристаллической, так и аморфной составляющей фаз образца [9 – 11].

Результаты расчетов степени кристалличности указывают на то, что доля аморфности в набухшем образце мембраны увеличилась почти в два раза. Подобное изменение СК, скорее всего можно объяснить адсорбционными свойствами молекул воды. Молекулы воды, обладая сильной тенденцией к донорно-акцепторным взаимодействиям с потенциал образующими ионами свободных поверхностей капиллярно-пористой среды, осуществляют, как бы, расклинивающее анизотропное действие на межмолекулярную гетероструктуру мембраны, уменьшая кристаллиты (ОКР), перпендикулярно оси с кристаллической решетки.

### Выводы

1. Рассмотрены основные кинетические характеристики обратно-осмотического разделения растворов, к которым относятся диффузионная, гидродинамическая проницаемости и коэффициент задержания.

2. Оценено влияние концентрации, температуры и давления на основные кинетические характеристики обратноосмотического разделения растворов.

3. Получены рентгеновские дифрактограммы от образцов полимерной мембраны в сухом и набухшем виде. Рассчитаны и проанализированы степени кристалличности мембраны.

### Библиографический список

1. Виноградов, С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов ; под ред. проф. В. Н. Кудрявцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Глобус, 2002. – 352 с.

2. Дытнерский, Ю. И. Мембранные процессы разделения жидких смесей / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1975. – 252 с.

3. Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – М. : Химия, 1981. – 464 с.

4. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер ; под ред. Ю. П. Ямпольского, В. П. Дубяги. – М.: Мир, 1999. – 513 с.

5. Николаев, Н. И. Диффузия в мембранах / Н. И. Николаев. – М. : Химия, 1980. – 232 с.

6. Коэффициенты диффузионной проницаемости кальция сернокислого через мембранные элементы трубчатого типа / С. И. Лазарев, В. В. Мамонтов, С. В. Ковалев, К. С. Лазарев // Иваново : Изв. Вузов. Химия и химическая технология, 2007. – Т. 50, вып. 5 – С. 120 – 122.

7. Bruggen, B. Direct nanofiltration of surface water using capillary membranes: comparison with flat sheet membranes / B. Bruggen, I. Hartijk, E. Cornelissen, C. Vandecasteele // Separation and Purification Technology. – 2003.

8. Лазарев, К. С. Исследование кинетических коэффициентов обратноосмотического разделения растворов на мембранах МГА-95, МГА-100, ОПМ-К / К. С. Лазарев, С. В. Ковалев, А. А. Арзамасцев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 726 – 734.

9. Иоелович, М. Я. Определение степени кристалличности целлюлозы рентгенографическими методами / М. Я. Иоелович, Г. П. Веверис // Химия древесины. – 1987. – № 5. – С. 75 – 80.

10. Ковалев, Г. В. Пластифицирующее действие воды на g- облученную целлюлозу / Г. В. Ковалев, Л. Т. Бугаенко // Вестник Московского университета. – 2002. – Т. 43. – № 1. – С. 67 – 70.

11. Поликарпов, В. М. Экспериментальное исследование пористой структуры обратноосмотических композиционных мембран методом МУРР / В. М. Поликарпов, С. И. Лазарев, Ю. М. Головин // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2010. – Т. 12, № 4. – С. 382 – 385.

### References

1. Vinogradov, S. S. *Ekologicheskii bezopasnoe gal'vanicheskoe proizvodstvo* / S. S. Vinogradov ; pod red. prof. V. N. Kudryavtseva. – 2-e izd., pererab. – M. : Globus, 2002. – 352 p.

2. Dytnerskii, Yu. I. *Membrannye protsessy razdeleniya zhidkikh smesi* / Yu. I. Dytnerskii. – M. : Khimiya, 1975. – 252 p.

3. Khvang, S.-T., Kammermeier, K. *Membrannye protsessy razdeleniya*, Per. s angl, Pod red. Yu. I. Dytnerskogo. M. : Khimiya, 1981. – 464 p.

4. Mulder, M. *Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu*, pod red. Yu. P. Yampol'skogo, V. P. Dubyagi. – M. : Mir, 1999. – 513 p.

5. Nikolaev, N. I. *Diffuziya v membranakh* / N. I. Nikolaev. – M. : Khimiya, 1980. – 232 p.

6. Lazarev, S. I. *Koeffitsienty diffuzionnoi pronitsaemosti kal'tsiya sernokislogo cherez membrannye elementy trubchatogo tipa* / S. I. Lazarev, V. V. Mamontov, S. V. Kovalev, K. S. Lazarev Ivanovo: *Izv. Vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, – 2007. – Т. 50, V. 5. – P. 120 – 122.

7. Bruggen B., Hawrijk I., Cornelissen E., Vandecasteele C. *Direct nanofiltration of surface water using capillary membranes: comparison with flat sheet membranes* // *Separation and Purification Technology*. – 2003.

8. Lazarev, K. S. *Issledovanie kineticheskikh koeffitsientov obratnoosmoticheskogo razdeleniya rastvorov na membranakh MGA-95, MGA-100, OPM-K*, K. S. Lazarev, S. V. Kovalev, A. A. Arzamastsev // *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. – 2011. – Т. 17, No 3. – P. 726 – 734.

9. Ioelovich M. Ya., Veveris G. P. *Opreделение stepeni kristallichnosti tsellyulozy rentgenograficheskimi metodami* // *Khimiya drevesiny*. – 1987. – No 5. – P. 75 – 80.

10. Kovalev G. V., Bugaenko L. T. *Plastifitsiruyushchee deistvie vody na g- obluchennuyu tsellyulozu* // *Vestnik Moskovskogo universiteta*. – 2002. – Т. 43. – No 1. – P. 67 – 70.

11. Polikarpov, V. M. *Eksperimental'noe issledovanie poristoi struktury obratnoosmoticheskikh kompozitsionnykh membran metodom MURR* / V. M. Polikarpov, S. I. Lazarev, Yu. M. Golovin // *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy*. – 2010. – Т. 12, No 4. – P. 382 – 385.

# **БИОТЕХНОЛОГИЯ**

УДК 663.252.41

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ LALVIN 71B-1122 И MAURIVIN В ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИН ИЗ СЫРЬЯ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Е. Д. Попова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. +7(953)7219576, e-mail:katyavrach1992@mail.ru)*

*Аннотация:* Любому вину для брожения нужны дрожжи. Без них вино так и останется суслом. Существует множество разновидностей дрожжей, и у каждой из них свои особенности. Качество вина зависит, таким образом, от того, какие дрожжи являются возбудителями брожения. В данной работе были проанализированы свойства дрожжей Lalvin 71B-1122 и Maurivin B., факторы, влияющие на условия их существования, а также возможность их использования для производства вин в нашем регионе.

*Abstract:* Any wine need to ferment the yeast. Without them, the wine will remain a must. There are many varieties of yeast, and each of them has its own characteristics. The quality of the wine depends, therefore, on what yeast are the causative agents of fermentation. In this work, we have analyzed the properties of the yeast Lalvin 71B-1122 and Maurivin B., factors affecting the conditions of their existence and the possibility of their use for the production of wines in our region.

*Ключевые слова:* дрожжи, брожение, биохимия, метаболизм, взаимодействие.

*Keywords:* yeast, fermentation, biochemistry, metabolism, interaction.

Превращение сахара в спирт обеспечивается дрожжами. Дрожжи – это грибы и наряду с водорослями и бактериями относятся к простейшим микроорганизмам в растительном мире. Они размножаются путем почкования. Энергию для размножения им дает сахар, растворенный в сусле в виде глюкозы и фруктозы. Он является одновременно и питанием для дрожжей, в то время как спирт, который получается в итоге, является лишь побочным продуктом процесса их размножения [1].

Дрожжи придают вину его характер, аромат, вкус и ощущения во рту. Они также влияют на цвет и синтезируют множество побочных продуктов, взаимодействие которых создает очень приятный, вкусный напиток. Но эти побочные продукты могут также привести и к проблеме, или прямой порче вина, если брожение не пошло должным образом.

Существует множество факторов, которые могут препятствовать метаболизму дрожжей и в результате привести к вялому брожению или вообще к его остановке [2]. Остановка спиртового брожения – это состояние, когда нет дрожжевой деятельности, и дрожжи больше не могут превращать сахар в этанол. Вялое брожение дрожжей происходит, когда на грани способность бродить. Если брожение остановится или станет вялым, оно может быть перезапущено.

Деятельность дрожжей зависит от определенных условий. Например, при высокой температуре (20 – 30 °С) дрожжи размножаются быстро и вызывают бурное брожение. Низкие температуры делают дрожжи более вялыми и приводят к медленному брожению. При температуре ниже 12 °С большинство дрожжевых грибов вообще прекращают свою деятельность [3].

Поскольку погодные условия в нашем регионе крайне нестабильны и качество регионального сырья оказывается различным из года в год (в большинстве своем сырье обладает повышенной кислотностью), то весьма важным критерием для получения качественного вина является выбор дрожжей, необходимых для регулирования брожения.

В связи с этим целью данной работы стало выявление факторов, которые могут повлиять на метаболизм дрожжей, а также анализ возможности использования дрожжей Lalvin 71B-1122 и Maurivin В. для производства вина в Тамбовской области.

*Штамм дрожжей.* Существует множество штаммов дрожжей для создания нужного вина на основе определенного сорта винограда. Различные штаммы производят и различные побочные продукты, что также влияет на выбор дрожжей. Ведь не все штаммы имеют одинаковый состав, все они будут работать по-разному, по-разному реагировать на различные стимулы окружающей среды. Таким образом, штамм дрожжей также должен быть выбран в зависимости от ожидаемых условий окружающей среды.

*Температура брожения:* высокая температура брожения может привести к денатурации и инактивации ферментов, препятствуя таким образом активности дрожжей, или привести к повреждению клеток дрожжей, которые могут стать очевидными только позже, когда дрожжи борются с увеличенным уровнем алкоголя. Если брожение протекает при слишком высокой температуре, то это может привести к непропорционально высокому количеству побочных продуктов, которые могут вызвать посторонние запахи и вкусы, или отклонения в ключевых ароматах и вкусах. Низкие температуры могут уменьшить текучесть клеточного материала дрожжей, препятствуя способности



клеток к перемещению питательных веществ от клетки к клетке и осуществлению ферментативных реакций. Как было сказано выше, в нашем регионе погодные условия крайне нестабильны, поэтому выбор должен пасть на дрожжи с широким «рабочим» температурным интервалом. Рабочая температура дрожжей Lalvin 71B-1122 составляет 15...30 °С. Оптимальный температурный диапазон для Maurivin B.: 20...30 °С.

*Концентрация сахара:* дрожжи питаются сахаром, но если содержание сахара в сусле или вине слишком высокое, то дрожжи могут перегрузиться от высокого осмотического давления на дрожжевые клетки и выйти из строя. Если концентрация сахара высока (когда потенциал алкоголя выходит за алкогольный порог терпимости дрожжей), рекомендуемым методом для (пере) запуска брожения является увеличение объема сусла.

*Толерантность к алкоголю:* по мере увеличения концентрации алкоголя в процессе ферментации дрожжевые клетки подавляются, и при высоком содержании алкоголя брожение останавливается. Толерантность к алкоголю дрожжей Lalvin 71B-1122: 14%; дрожжей Maurivin B.: 14...15,5%.

*Регидратация:* сухие дрожжи должны быть регидратированы для активации компонентов дрожжевых клеток перед внесением в сусло. Внесение сухих дрожжей непосредственно в сусло не рекомендуется, так как дрожжи затем пытаются регидратироваться и расти в довольно агрессивной среде с высокой кислотностью и при конкуренции со многими другими микроорганизмами, прежде чем они получили шанс построить достаточное количество биомассы.

*Наличие кислорода:* кислород отрицательно влияет на качество вина в конце брожения и при выдержке. Во время активного брожения вино защищено от окисления дрожжами, которые быстро забирают излишек кислорода. В начале активного брожения дрожжи выиграют от небольшого количества кислорода для жизненно важных функций клетки при проведении ферментации. Если дрожжи лишены воздуха, то это может привести к подавлению ферментации.

*Доступность питательных веществ:* дефицит питательных веществ, а именно азота, существенно влияет на производительность дрожжей, особенно в сусле из заплесневелого винограда, который может лишить их многих столь необходимых питательных веществ, и привести к перепроизводству H<sub>2</sub>S. Lalvin 71B-1122 и Maurivin B. относятся к дрожжам с низким требованием к содержанию азота.

*pH*: дрожжи могут легко адаптироваться при типичных pH в диапазоне 3.0 – 4.0, но при более низких pH жизнедеятельность дрожжей может стать рискованной, а при более высоком pH подверженность бактериальной порче требует больших доз сульфита, которые могут помешать метаболизму дрожжей в целом. Сырье нашего региона в большинстве своем обладает повышенной кислотностью, что недопустимо для получения качественного вина. Дрожжи Lalvin 71B-1122 и Maurivin В. смягчают кислотность вина, улучшая его вкусовые характеристики.

*Летучие кислоты*: для здорового винограда уровень производства летучих кислот здоровыми дрожжами обычно не является проблемой. Однако если сусло обладает высокой летучей кислотностью из нескольких источников (дрожжей и бактерий), это может привести к превышению допустимого предела летучих кислот. Что еще хуже, чрезмерная летучая кислотность может ингибировать дрожжи и вызывать остановку брожения.

*Свободная сера*: свободный SO<sub>2</sub>, который является побочным продуктом ферментации дрожжей, обычно составляет порядка 10 мг/л. Но внесенного в сусло SO<sub>2</sub> (или пиросульфита) может быть слишком много, и он может мешать метаболизму дрожжей, привести к синтезу некоторых побочных продуктов и, что более важно, быть преобразован в нежелательные соединения.

Первоначально в сусле существует значительное население нежелательных микроорганизмов, что может привести к порче дрожжей и естественных бактерий. Они обычно ингибируются небольшой дозой пиросульфита, такой, что дрожжи Lalvin 71B-1122 и Maurivin В. могут выжить. Брожение продолжается, дрожжи растут и размножаются при увеличении содержания алкоголя, и большинство других микроорганизмов им подавляется.

Отдельно хотелось выделить такой важный фактор, как *потребление дрожжами яблочной кислоты*. Lalvin 71B-1122 усваивают больше яблочной кислоты (от 20 до 40%) при брожении, чем большинство других дрожжей и должны быть рассмотрены для вин с высоким содержанием яблочной кислоты. В свою очередь Maurivin В. имеет способность нейтрализовать до 56% яблочной кислоты в процессе первичной ферментации. Оба штамма являются отличным вариантом для виноделия в средней полосе России.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что использование дрожжей Lalvin 71B-1122 и Maurivin В. для производства вина в Тамбовском регионе возможно.

### Библиографический список

1. Бурьян, Н. И. Микробиология виноделия / Н. И. Бурьян. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – С. 9–10.
2. Валуйко, Г. Г. Технология виноградных вин / Г. Г. Валуйко. – Симферополь : Таврида, 2001. – С. 116.
3. Герасимов, М. А. Технология вина / М. А. Герасимов. – М. : Пищевая промышленность, 1959. – С. 152–153.

### References

1. Burian N. I. Wine Microbiology. – M. : Food industry, 1979. – S. 9–10.
2. Valuyko G. G. Technology of wine. – Simferopol : Tavrida, 2001. – S. 116.
3. Gerasimov, M. A. the Technology of wine. – M. : Food industry, 1959. – S. 152–153.

УДК 66.011

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕЦИТИНА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA

**Н. С. Михалев**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)639442, e-mail: topt@topt.tstu.ru)*

*Аннотация:* Проведен анализ источников получения фосфолипидов и рассмотрены основные достоинства лецитина, его положительное действие. Определен объект исследования и предложена технологическая схема производства фосфолипидов из микроводорослей.

*Abstract:* The analysis of sources of phospholipids and the basic dignity of lecithin, its positive effect. Defined object of study and proposed technological scheme of production of microalgae phospholipids.

*Ключевые слова:* фосфолипиды, лецитин, холин, Chlorella Vulgaris, штамм ИФР № С-111, микроводоросли.

*Keywords:* phospholipids, lecithin, choline, Chlorella Vulgaris, strain IFR number № C-111, microalgae.

Огромный исследовательский интерес к хлорелле определяется, прежде всего, богатейшим составом всего спектра биологически активных веществ, высокой их концентрацией и сравнительно простой технологией получения больших количеств ее биомассы. К примеру, содержание фосфолипидов в микроводоросли рода *Chlorella* достигает 35...36% от массы сухих веществ клетки, в то время как в сое этот показатель намного ниже – 1,6...2,2% [4]. В связи с этим возникает интерес в технологии извлечения фосфолипидов, а точнее лецитина из микроводорослей. Его получение из соевого сырья, на данный момент, является основным источником недорогого и качественного лецитина. Приняв во внимание ряд положительных факторов накопления биомассы микроводорослей, можно прийти к выводу, что *Chlorella* сможет вытеснить на рынке фосфолипидов привычный соевый лецитин.

По своей природе лецитин – комплекс фосфолипидов (фосфатидилхолин (19...21%), фосфатидилэтаноламин (8...20%), инозитолсодержащие фосфатиды (20...21%) и фосфатидилсерин (5,9%)), являющихся универсальным пластическим материалом мембран клеток [4].

Главным достоинством этого препарата является поддержка нервной системы (периферическая нервная система содержит 17% лецитина, мозг – 30%). Его применяют при лечении нервов, мигреней, бессонницы, глазных заболеваний, также он восстанавливает клетки печени [1]. Компоненты лецитина – фосфолипиды и их составляющие – сами по себе обладают значительной биологической активностью. Так, холин считается витаминоподобным веществом и обязательно должен поступать в организм человека с пищей. Он служит сырьем для синтеза одного из важнейших нейромедиаторов (передатчиков нервного импульса) – ацетилхолина. Ежедневная потребность человека в холине составляет 1,5–2 грамма в день [5]. Кроме того, лецитин используется как добавка к пищевым продуктам, улучшающая свойства готовой продукции (увеличивает пористость хлеба и повышает срок хранения, улучшает состояние поверхности макаронных изделий, удерживает избыток влаги в шоколадной глазури), а также для создания эмульсий [3]. Таким образом, лецитин является одновременно как лекарством, так и пищевой добавкой к продуктам питания.

Источниками сырья для получения лецитина могут служить яичный желток, бобы сои, семена подсолнечника. Используют отход мясоперерабатывающей промышленности – замороженную ткань головного мозга крупного рогатого скота.

Получение лецитина из сои и яичных желтков само по себе достаточно дорого. Кроме того, использование последних для технических целей нецелесообразно, так как они являются ценными продуктами питания. Альтернативой традиционному сырью может служить биомасса микроводоросли *Chlorella Vulgaris*.

Штамм ИФР № С-111 обладает следующими преимуществами: дешевизна, малые затраты на культивирование (необходимы лишь свет, углекислый газ и питательные вещества), быстрое накопление биомассы, неограниченные масштабы производства [2]. Водоросли перспективны для культивирования в качестве накопления липидов, так как не нуждаются в органическом источнике углерода. Химический состав (соотношение белков и жиров) водорослей можно легко варьировать изменением количества азота в среде. В качестве сырья используют биомассу микроводоросли рода *Chlorella*, полученную путем культивирования в питательной среде, обедненной азотом (содержание азота до 0,001 моль/л). Основным запасным продуктом являются липиды, содержание которых может достигать 68% (мас.) в клетке [1]. Для увеличения содержания внутриклеточных липидов нужно обеспечить оптимальное значение pH среды и определенный состав питательной среды. Оптимальное соотношение азотного и углеродного питания для максимального накопления липидов зависит от используемых источников углерода и азота.

При сравнении липидов, полученных на логарифмической и стационарной фазах роста, стационарно-этапные липиды содержат большее количество полярных липидов: 51 – 57 мас.% от общего числа липидов [2].

Таким образом, можно предложить следующую технологическую схему производства (рис. 1): выращивание штамма на стандартной питательной среде (без дефицита азота) в течение 8 суток. Далее – создание стрессовых условий (добавление в суспензию микроводоросли питательной среды, обедненной азотом) для стимулирования накопления внутриклеточных липидов (блок 1) и одновременное понижение уровня освещенности суспензии для увеличения содержания полярных липидов (фосфолипидов) и культивирование в течение 3–4 дней (блок 2) [2].

На следующей стадии (блок 3) выделяется биомасса из суспензии, отделенную культуральную жидкость при этом можно возвратить на этап 1, а пастообразная биомасса микроводоросли переходит на сушку (блок 4) до влажности 30%, затем смешивается с ацетоном для разрушения клеточных стенок (блок 5) с целью интенсификации процесса экстракции (блок 6). На этом этапе к смеси добавляется хлороформ – метиловый спирт (1:1) для извлечения полярных липидов (фосфолипидов) [3]. После этого смесь центрифугируют (блок 7) для последующей стадии фильтрации (блок 8), на которой осуществляется отделение от смеси фосфолипидов оставшихся частиц биошрота. После производится обезвоживание смеси целевого продукта (блок 9) путем добавления сульфата натрия (или сульфата магния) и фильтрование ее после обработки смеси (блок 10). Затем осуществляется растворение целевого продукта в этиловом спирте (блок 11). В конечном итоге получаем спиртовой раствор комплекса липидов (блок 12).

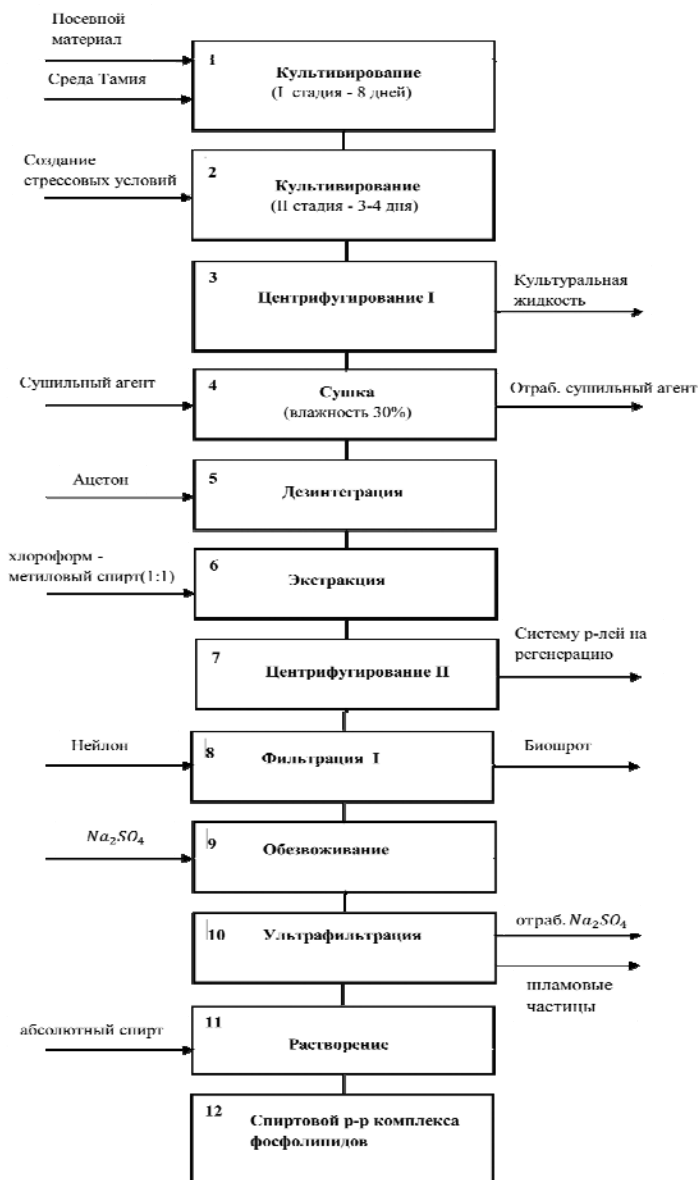


Рис. 1. Эскизная схема технологического производства фосфолипидов из микроводоросли хлореллы

Исходя из вышеперечисленных утверждений можно сделать вывод о том, что биомассу хлореллы выгодно использовать в качестве фосфолипидов.

Следующим этапом в совершенствовании технологической схемы будет подбор оптимальных условий накопления биомассы, а также системы растворителей для определения фракционного состава фосфолипидов хлореллы.

### Библиографический список

1. Микробиологическое производство биологически активных веществ и препаратов / В. А. Быков, И. А. Крылов, М. Н. Манаков и др. – М. : Высшая школа. – Кн. 6 : Биотехнология. – 1987. – 143 с.
2. Музафаров, А. М. Культивирование и применение микроводорослей / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев. – Ташкент: Фан, 1984. – 211 с.
3. Пат. 2388812, Российская Федерация, МПК-8 С12 N 1/12, С 12 P 7/64. Способ извлечения липидов из биомассы / Нагорнов С. А. ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВИИТиН ; заявл. 22.09.2008; опубл. 10.05.2010.
4. Степанов, А. Е. Физиологически активные липиды / А. Е. Степанов, Ю. М. Краснополяский, В. И. Швец. – М. : Наука, 1991. – 136 с.
5. Швец, В. И. Фосфолипиды в биотехнологиях / В. И. Швец // Вестник МИТХТ. Химия и технология лекарственных препаратов и биологически активных соединений. – 2009. – Т. 4, вып. 4. – 10 с.

### Reference

1. Microbiological production of biologically active substances and drugs / V. A. Bulls, I. A. Krylov, M. N. Manakov and others. – M. : Higher School. Kn.6.: Biotechnologia. –1987. –143 p.
2. Muzafarov, A. M. Cultivation and Application microalgae / A. M. Muzafarov, T. T. Taubaev. – Tashkent : Fan, 1984. – 211 p.
3. Pat. 2388812, The Russian Federation, the IPC-8 C 12 N 1/12, C 12 P 7/64. A method of extracting lipids from the biomass / Nagorno S. A. ; applicant and patentee GNU VIITiN; appl. 22.09.2008; publ. 10.05.2010.
4. Stepanov, A. E. Physiologically active lipids / A. E. Stepanov, Y. M. Krasnopol'skiy, V. I. Shvets. – Moscow : Nauka, 1991. – 136 p.
5. Shvets, V. I. Phospholipids in the biotechnology / V. I. Shvets // Herald MITHT. Chemistry and technology of drugs and biologically active compounds. – 2009. – Т. 4, no. 4 – 10.

УДК 66.011

## **ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ КЛЕТОК НА ЭКСТРАКЦИЮ ХЛОРОФИЛЛА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS**

**А. А. Андросова, Р. Д. Санталов**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)639442, e-mail: topt@topt.tstu.ru)*

*Аннотация:* Статья посвящена проблеме выделения хлорофилла из микроводоросли *Chlorella vulgaris*. В работе рассмотрены и сопоставлены такие способы разрушения клеточной стенки, как ферментолитический, сверхвысокочастотное излучение и аппарат вихревого слоя. Наилучший выход хлорофилла был получен при разрушении клеточной стенки в аппарате вихревого слоя.

*Abstract:* The article is devoted to the problem of separation of chlorophyll from the microalgae *Chlorella vulgaris*. In the work considered and compared various ways of destruction of the cell wall, enzymatic hydrolysis, microwave radiation and the apparatus of the vortex layer. The best solution of chlorophyll was obtained by destroying the cell walls in the apparatus of the vortex layer.

*Ключевые слова:* *Chlorella vulgaris*, дезинтеграция, экстракция, хлорофилл, микроводоросли.

*Keywords:* *Chlorella vulgaris*, disintegration, extraction, chlorophyll, microalga.

Самым распространенным пигментом растений является хлорофилл, ежегодное производство которого составляет от 1012 до 1014 тонн в год [1]. Он нашел свое применение в создании важных лекарственных препаратов, пищевых добавок и красителей.

Основной проблемой, приводящей к уменьшению количества извлеченного хлорофилла из биомассы микроводоросли, является наличие прочной клеточной стенки, которая состоит из целлюлозы и гемицеллюлозы.

Одним из более перспективных способов разрушения клеточной стенки является ферментолитический, для проведения которого используются ферменты целлюлолитического действия. Исследования по выделению



внутриклеточных липидов из микроводоросли показывают, что при разрушении клеточной стенки ферментным препаратом выход липидов в 1,8 раза больше, чем без разрушения [2].

Не менее эффективным является использование аппарата с вихревым слоем (АВС) ферромагнитных частиц. В аппарате под действием вращающегося магнитного поля происходит направленное движение магнитных частиц, в результате происходит разрушение клеточных стенок микроводорослей. В опыте с экстрагированием внутриклеточных липидов выход готового продукта увеличивается до 98% [3].

Сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение взаимодействует с полярными молекулами: воды, липидов, аминокислот, белков. В СВЧ поле молекулы вынуждены выстраиваться согласно быстро меняющемуся электрическому полю. Их вращение относительно своей оси в ответ на изменение электромагнитного поля приводит к межмолекулярным трениям, в результате которого выделяется большое количество тепла. Выделенное тепло расходуется на нагрев внутриклеточной воды, что приводит ее к закипанию и увеличению внутриклеточного давления. Из-за избытка давления клеточная стенка разрывается.

Цель работы – подобрать метод дезинтеграции клеток, при котором будет наблюдаться максимальное количество извлеченного хлорофилла в экстракте.

Для проведения эксперимента использовали следующие материалы: биомассу клеток микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР С-111 влажностью 70%, 90%-ный этиловый спирт, 10%-ные растворы сахара и соли, раствор ферментных препаратов, петролейный эфир.

Технология получения хлорофилла из микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР С-111 представлена на рис. 1. На первой стадии идет накопление биомассы микроводорослей в фотобиореакторе при постоянном освещении и аэрировании газовой смеси из окружающей среды. На второй стадии часть суспензии отбирается и поступает в центрифугу с целью отделения биомассы от культуральной жидкости. Полученный фильтрат возвращаем на первую стадию, а образовавшийся осадок поступает на дальнейшую обработку.

На третьей стадии полученная биомасса поступает на стадию дезинтеграции с целью разрушения плотной клеточной стенки микроводоросли.

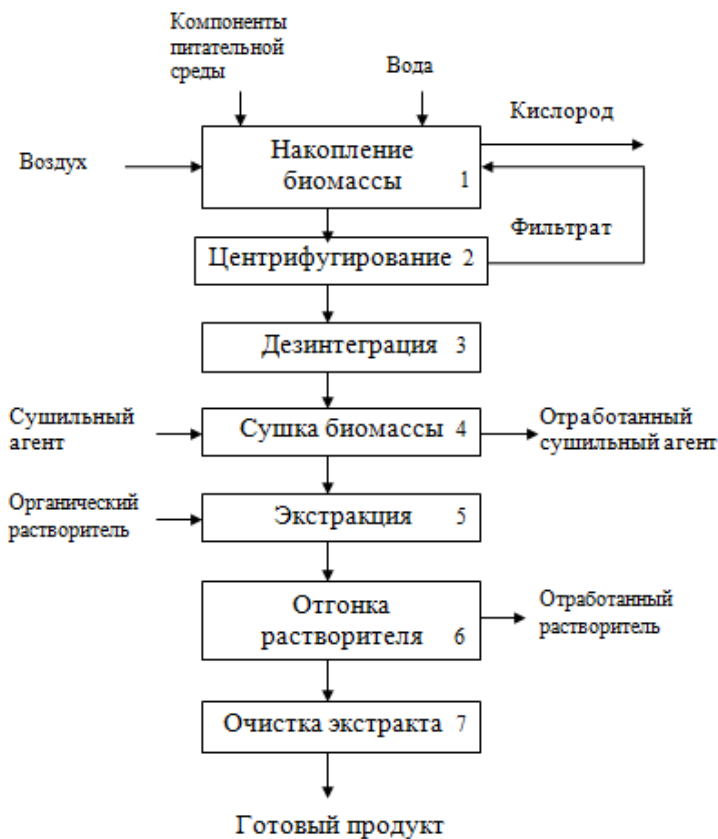


Рис. 1. Схема извлечения хлорофилла

В результате чего происходит разрушение клеточной стенки микроводоросли, что способствует наилучшему проникновению экстрагентов внутрь клетки. После этого разрушенные клетки микроводоросли подвергаем сушке при температуре 65°C с целью удаления лишней влаги. На пятой стадии проводим экстракцию системой органического растворителя этанол – петролейный эфир в соотношении 2:1. При этом высушенную биомассу в бумажном патроне помещаем в аппарат Сокслета и проводим экстракцию. Затем полученную смесь органический растворитель–хлорофилл направляют на стадию отгонки

растворителя при температуре 68...79 °С. Далее выделенный экстракт поступает на стадию очистки.

В качестве способов дезинтеграции использовали следующие:

- добавление ферментов целлюлолитического и протеолитического действия в соотношении 75:25, при температуре 50 °С в течение 10 минут в количестве 2 мл;
- обработка биомассы сверхвысокочастотным излучением при частоте 280 МГц в течение 10 минут;
- разрушение клеток в аппарате вихревого слоя в течение 15 секунд.

К выделенному хлорофиллу добавили 90% этанол и на фотоэлектроколориметре измерили оптическую плотность. При этом для измерения оптической плотности хлорофилла-А использовали длину волны 665 нм, а для хлорофилла-Б 649 нм.

На основании полученных данных рассчитали общую концентрацию хлорофилла по формуле Wintermans and De Mots, результаты которой представлены в табл. 1 [4].

По результатам эксперимента максимальная концентрация хлорофилла обнаружена в пробе, где клеточная оболочка микроводорослей разрушалась в АВС.

Разрушение клеточной оболочки в аппарате вихревого слоя с ферромагнитными частицами позволяет извлечь в 1,58 раза больше хлорофилла по сравнению с разрушением в СВЧ-поле и в 1,38 раза больше по сравнению с разрушением под действием ферментов целлюлолитического действия.

### 1. Результаты расчета концентрации хлорофилла

Метод дезинтеграции	Концентрация хлорофилла, $\frac{\text{мг}}{\text{г}}$
Без обработки	0,9
Ферментализ	1,175
СВЧ-излучение	1,025
Обработка в АВС	1,625

### Библиографический список

1. Химия растительного сырья: науч. журн. / Алтайск. гос. ун-т. – Барнаул, 2014. – № 4. – С. 189.
2. Пищевые технологии и биотехнологии : сборник тезисов докладов XIV Междунар. конф. молодых ученых. – Казань : Издательство «БРИГ», 2015. – С. 126.
3. Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – Вып. IV. – С. 162.
4. Wintermans, J. F. Biochim. Et biophys. Acta. – 1965. – С. 109, 448.

### Reference

1. Chemistry of plant raw materials : to learn Zh. № 4 / Altaisk. state. Univ . – Barnaul, 2014. – P. 189 .
2. Food technology and biotechnology: book of abstracts. XIV Intern. Conf. of young scientists.– Kazan : publishing house «БРИГ», 2015. – P. 126.
3. Problems of technogenic safety and sustainable development [Electronic resource] : collected papers. PT. young scientists, postgraduates and students. – Tambov: Publishing house FSBI HPE “TSTU”, 2013. – Vol. IV. P. 162.
4. Wintermans J. F. Biochim. Et biophys. Acta. – 1965. – С. 109. – P. 448.

**ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ  
ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

УДК 663.916.19

## РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙКИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

К. С. Богданова<sup>1</sup>, П. М. Смолихина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 8(953)724-07-05, e-mail: bks1993@inbox.ru)

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов, (Тел. 8(905)085-30-91, e-mail: pm\_smolihina@mail.ru)

*Аннотация:* В работе рассмотрена технология кондитерских изделий, обогащенных порошками из растительного сырья. Исследованы свойства и химический состав дополнительно вносимых ингредиентов. Обоснован выбор конфетной массы и добавки с учетом их физико-химического взаимодействия. Даны рекомендации по виду и агрегатному состоянию вносимой добавки.

*Abstract:* This article considers the technology of confectionery products enriched with powders from vegetable raw materials. The properties and chemical composition additionally introduced ingredients. The choice of fillings and additives with regard to their physico-chemical interaction. Recommendations by type and the aggregate state of the additive insertion.

*Ключевые слова:* кондитерские изделия, растительные добавки, обогащение, комбинирование, здоровое питание.

*Keywords:* confectionery, herbal supplements, fortification, combination, healthy food.

Одним из приоритетных направлений государственной политики РФ в области здорового питания является создание условий, обеспечивающих удовлетворение в соответствии с требованиями медицинской науки потребностей различных групп населения в здоровом питании с учетом их традиций, привычек и экономического положения [1].

Традиционные продукты не способны компенсировать потребности современного человека в витаминах, микроэлементах и других пищевых компонентах. Проектирование функциональных, обладающих лечебно-терапевтическим и лечебно-профилактическим спектром действия изделий актуально не только для регионального, но и всероссийского рынка кондитерских изделий. Целью исследований, проводимых на базе лаборатории «Пищевая биотехнология» кафедры «Тех-

нологии и оборудование пищевых и химических производств», является разработка рецептур и технологий ассортиментной линейки кондитерских изделий для здорового питания.

Основные задачи исследований: обоснование выбора регионального сырья в качестве обогащающих добавок, исследование взаимовлияния химического состава используемых добавок и кондитерских масс, изучение реологического поведения полуфабрикатов, анализ физико-химических и органолептических показателей качества и безопасности.

В результате анализа рынка кондитерских изделий выявлено, что спрос на сахаристые изделия, а именно шоколад, конфеты с 2012 до 2015 года вырос на 11,8% (рис. 1). Исходя из этого, объектом исследования явились наиболее популярные конфеты: сбивные, железные, помадные [2].

Для обогащения масс использовали овощные и фруктовые порошки (тыквы, моркови, яблок), фруктовое и ягодное пюре (яблочное, клубничное), спиртовые экстракты и порошки трав (мята, Melissa, крапива двудомная), а также витаминные премиксы и витаминно-минеральные комплексы.

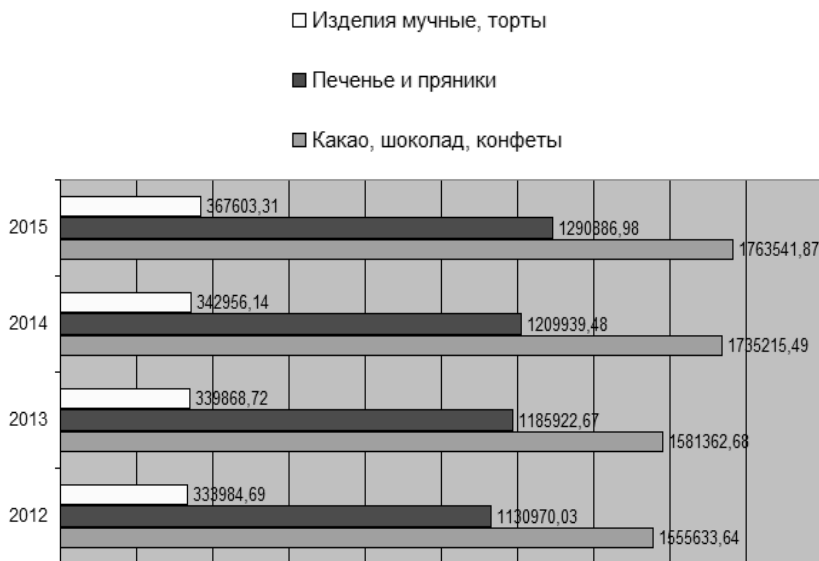


Рис. 1. Объемы производства кондитерской продукции в России с 2012 по 2015 год (тонн)

### 1. Химический состав растительных порошков

Наименование показателя	Крапива двудомная	Тыквенный порошок	Морковный порошок
Массовая доля сухих веществ, %	90,1	93,2	94
Пектиновые вещества, %	7,23	8,0	16,1
Каротиноиды, мг/100г	0,52	70	35
Витамин С, мг/100г	312	270	650
К, %	2,71	8,94	9,72
Са, %	3,78	4,06	3,85
Mg, %	0,33	1,16	1,4
P, %	0,59	–	–
Fe, мг/100г	33,6	–	–

Благодаря химическому составу дополнительно вносимых ингредиентов конечный продукт характеризуется повышенным содержанием того или иного провитамина, витамина и минерала. В таблице 1 указан химический состав некоторых используемых добавок. Введение в рецептуру порошков из растительного сырья позволяет отказаться от искусственных красителей и ароматизаторов.

В работе использовали следующие методы исследования сырья и конечного продукта: физико-химические, органолептические, микробиологические. Проводили измерения массовой доли влаги методом высушивания в приборе Чижовой; показателя активности воды методом зеркально отражаемого датчика точки росы на приборе AquaLab Pro; концентрации редуцирующих сахаров титрованием по методу Бертрана; методами ротационной вискозиметрии на приборе HAAKE VT7-R plus (Thermo Fisher Scientific, Германия), структурно-механические свойства студней (корпусов конфет) – на текстурном анализаторе СТЗ Texture Analyzer (Brookfield engineering laboratories, inc., США), адгезионные свойства – методом нормального отрыва индентора на текстурном анализаторе СТЗ Texture Analyzer, органолептическая оценка образцов – балльным методом. Микробиологические исследования на наличие санитарно-показательных микроорганизмов проводили в соответствии с Гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01) стан-



дартными методами (КМАФАНМ по ГОСТ 10444.15–94 [3], БГКП по ГОСТ Р 52816–2007 [4], микроорганизмы порчи по ГОСТ 10444.12–88 [5]). Отбор и подготовка проб – по ГОСТ 26929–94 [6], ГОСТ 5904–82 [7].

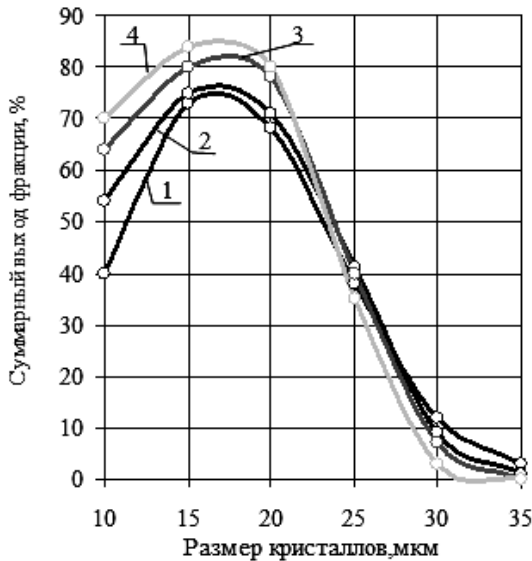
В результате проводимых исследований показано, что в желейные массы, предотвращая нарушение монолитности студня, лучше вводить водные и водно-спиртовые экстракты; мелкокристаллическая структура помады позволяет использовать фитодобавки в виде порошков без предварительной экстракции. В сбивные изделия можно вводить порошок, тогда он выполняет функцию дополнительного структурообразователя, цукаты и кусочки овощей и фруктов играют роль вкусовых добавок. При этом физико-химические показатели проектируемых изделий не должны отличаться от контрольных образцов.

В результате исследования были изготовлены образцы сбивных, желейных и помадных конфет, обогащенные порошками из растительного сырья.

Сбивная масса представляет собой ячеисто-пленочную систему. Добавление морковного порошка к яичному альбумину при сбивании пены повышает ее стойкость, так как порошок распределяется в каналах сбивной массы, разделяющих газовые пузырьки [8]. Совместное действие студнеобразователя и волокон порошка увеличивает прочность и формоудерживающую способность сбивных конфет. Содержание в рецептурной смеси сбивной конфетной массы жира позволяет создать условия для перевода каротиноидов в легкоусвояемую форму.

В желейную массу вносили порошок тыквы, отличающийся большим содержанием пектиновых веществ и нежной структурой волокон, которые равномерно распределяются по объему системы. Обладая высокой влагосвязывающей способностью, овощные порошки образуют пространственную сетку с прочными связями, приводящую к заполнению пустот системы, что вызывает уменьшение толщины прослоек дисперсионной среды и увеличение силы сопротивления. В процессе гидратации и набухания происходит восстановление полимерных структур порошка, диссоциация органических и аминокислот, что способствует процессу студнеобразования и приводит к упрочнению структуры желейного студня [9].

Помадные конфеты обогащали листьями грецкого ореха, при внесении порошка дифференциальные кривые сдвигаются в сторону более мелких кристаллов. Причем увеличение дозировки добавок приводит к наибольшему увеличению максимума кривой (рис. 2). Объясняется это увеличением суммарной поверхности кристаллизации из-за введения новых центров кристаллизации в виде используемых обогаителей [10].



**Рис. 2. Фракционный состав кристаллов в помаде с добавлением порошка из листьев грецкого ореха при дозировке, %:**  
1 – 0; 2 – 1; 3 – 3; 4 – 5

Пищевая ценность проектируемых сбивных, жележных и помадных конфет представлена в табл. 2.

На данный момент ведется исследование по совмещению различных по составу масс. Комбинирование конфетных масс – наиболее легкий путь к расширению ассортимента, созданию новых оригинальных вкусов. Также совмещение слоев позволяет создавать условия для максимального использования комплекса микронутриентов. Так, соединяя жележную и сбивную массы, получим продукт, богатый водорастворимыми пищевыми волокнами и жирорастворимыми каротиноидами. Кроме того, при регулировании соотношения слоев корпуса появляется возможность регулировать энергоемкость и пищевую ценность изделий.

Дальнейшие исследования направлены на устранение основных проблем комбинирования различных масс: миграции влаги, слабого адгезионного взаимодействия между слоями, а также обоснование способа формования изделий и вида упаковки.

## 2. Сравнение пищевой ценности сбивных, жележных и помадных конфет

Наименование функциональных ингредиентов	Содержание в 100 г неглазированных конфет					
	Помадный корпус		Железный корпус		Сбивной корпус	
	Базовая рецептура	С порош-ком грец-кого ореха	Базовая рецептура	С порош-ком тыквы	Базовая рецептура	С морков-ным порошком
Содержание, г						
белки	2,10	2,51	1,40	1,40	1,90	1,90
жиры	16,20	14,85	6,20	0,40	22,16	22,16
углеводы,	70,90	74,24	69,40	54,30	64,32	66,12
в том числе						
клетчатки	0,20	1,56	3,00	11,76	0,65	8,23
Содержание минеральных веществ, мг						
I2	–	9,30	–	–	–	–
Fe	0,3	0,5	–	–	–	–
Содержание витаминов, мг						
С	–	0,43	0,16	6,70	0,38	8,00
β- каротин	0,19	0,52	0,03	0,82	–	4,09

### Библиографический список

1. Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 19.07.2011) «О качестве и безопасности пищевых продуктов».
2. Анализ рынка кондитерских изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/archive/33/analiz-rynka-konditerskikh-izdeliy> (дата обращения: 16.09.2015).
3. ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введ. 1996-01-01. – М. : Стандартиформ, 2010.
4. ГОСТ Р 52816–2007. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) (ИУС 11-2008). – М. : Стандартиформ, 2010.
5. ГОСТ 10444.12–88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. – Введ. 1990-01-01. – М. : Стандартиформ, 2010.
6. ГОСТ 26929–94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. – М. : Стандартиформ, 2010.

7. ГОСТ 5904–82. Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб. – М. : Стандартинформ, 2010.
8. Смолихина, П. М. Разработка технологии желеино-сбивных конфет повышенной пищевой ценности с использованием овощных порошков : дис. ... канд. техн. наук / П. М. Смолихина. – Тамбов, 2013. – 162 с.
9. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий : учебник / А. В. Зубченко / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2001. – 389 с.
10. Сквиря, М. А. Разработка технологии помадных конфет с использованием листьев грецкого ореха : дис. ... канд. техн. наук / М. А. Сквиря. – Краснодар, 2008. – 179 с.

### References

1. Federal'nyj zakon ot 02.01.2000 N 29-FZ (red. ot 19.07.2011) «O kachestve i bezopasnosti pishchevyh produktov».
2. Analiz rynka konditerskih izdelij [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://novainfo.ru/archive/33/analiz-rynka-konditerskikh-izdelij> (data obrashcheniya: 16.09.2015).
3. GOST 10444.15–94. Produkty pishchevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nyh aehrobnnyh i fakul'tativno-anaehrobnnyh mikroorganizmov. – Vved. 1996-01-01. – М.: Standartinform, 2010
4. GOST R 52816–2007. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva bakterij gruppy kishechnykh palochek (koliformnykh bakterij) (IUS 11-2008). – М.: Standartinform, 2010
5. GOST 10444.12–88. Produkty pishchevye. Metod opredeleniya drozhzhej i plesnevyyh gribov. – Vved. 1990-01-01. – М.: Standartinform, 2010.
6. GOST 26929–94. Syr'e i produkty pishchevye. Podgotovka prob. Mineralizatsiya dlya opredeleniya sodержaniya toksichnykh ehlementov. – М.: Standartinform, 2010
7. ГОСТ 5904–82. Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб. – М.: Стандартинформ, 2010
8. Смолихина, П. М. Разработка технологии желеино-сбивных конфет повышенной пищевой ценности с использованием овощных порошков: Дис. канд. техн. наук / П. М. Смолихина. – Тамбов, 2013. – 162 с.
9. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: учебник / А. В. Зубченко / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2001. – 389 с.
10. Сквиря, М. А. Разработка технологии помадных конфет с использованием листьев грецкого ореха: Дис. канд. техн. наук / М. А. Сквиря. – Краснодар, 2008. – 179 с.

# **ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 628.3 (470.326)

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И ВТОРИЧНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ПИГМЕНТОВ НА ОАО «ПИГМЕНТ»**

**Т. А. Сухорукова<sup>1</sup>, А. Г. Огородникова<sup>2</sup>,  
В. Я. Борщев**

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (8953)7034409, e-mail: t.suhorukova2015@yandex.ru).*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов,  
(Тел. (8929)0186148, e-mail: ogorodnikova-1993@mail.ru)*

**Работа выполнена под руководством В. Я. Борщева, профессора, д.т.н., ФГБОУ ВПО «Тамбовский Государственный технический университет».**

*Аннотация:* Статья посвящена анализу очистки промышленных сточных вод, сбрасываемых заводом ОАО «Пигмент» в водные объекты города Тамбова, и разработке на его основе рекомендаций по обезвреживанию и вторичному использованию промышленных сточных вод.

*Abstract:* This article analyzes the treatment of industrial waste water discharged from the plant JSC «Pigment» in the water bodies of the city of Tambov, and development on the basis of his recommendations for treatment and recycling of industrial wastewater.

*Ключевые слова:* сточные воды, обезвреживание вод, вторичное использование сточных вод.

*Keywords:* sewage, neutralization water, recycling of sewage.

Очистка производственных сточных вод организуется с целью использования их в системах последовательного, замкнутого или оборотного водоснабжения, обеспечения условий приема в городские системы водоотведения или сброса в водные объекты [1].

Для выбора наиболее оптимального метода очистки, обезвреживания и захоронения промышленных вод надо знать их состав, количество, свойства и факторы, влияющие на их изменения. Кроме того, необходимо знать степень токсичности данных отходов, чтобы правильно нормировать их содержание в почве и осуществлять санитарный контроль [2].

Методы очистки промышленных сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, а также комбинированные методы очистки. Выбор метода зависит от физико-химических свойств, размеров частиц примесей и концентрации взвешенных частиц, необходимой степени очистки и расхода сточных вод [3].

Завод ОАО «Пигмент» города Тамбова, как и любое промышленное предприятие, является источником загрязнения окружающей среды. Основными вредными веществами, выбрасываемых предприятием в сточные воды, являются: аминопродукты, нитропродукты, аммиак, сульфокислоты, поверхностно-активные вещества, различные соли и другие неразрушаемые вещества.

Для анализа степени загрязненности сточных вод рассмотрим стадии процесса производства пигмента красного С в цехе № 15 с использованием промышленных вод. На саму технологию используется артезианская вода. В аппарат из водопроводной линии заливают 5800,0 л воды, включают мешалку и загружают 500,0 кг 4-нитроанилина. Реакционную массу размешивают в течение 2-х часов до получения однородной суспензии.

Далее в процессе производства вода используется на этапе очистной фильтрации раствора диазосоединения.

Раствор диазосоединения из аппарата насосом подают на очистную фильтрацию на фильтр-пресс. Во время фильтрации необходимо следить за чистотой фильтрата.

Отфильтрованный раствор диазосоединения из корыта фильтр-пресса направляют самотеком в аппарат. Температура реакционной массы в аппарате должна быть 5...8 °С.

По окончании очистной фильтрации раствора аппарат промывают 500 л воды из водопроводной линии. Промывные воды из аппарата насосом пропускают через фильтр-пресс.

После фильтрации промышленные сточные воды на ОАО «Пигмент» вследствие отсутствия надежных, экономически целесообразных методов очистки не используются, а только захороняются методом закачки в глубокие надежно-изолированные коллекторы старооскольских отложений.

Кроме закачки сточных вод на предприятии также производится сброс производственных и ливневых вод в ручей Чумарса. Для разработки рекомендаций по обезвреживанию и вторичному использованию промышленных сточных вод на предприятии ОАО «Пигмент» следует располагать сведениями о содержании органических примесей в промышленных сточных водах [4].

В соответствии с этим мы предлагаем следующий алгоритм (рис. 1):



**Рис. 1. Алгоритм мероприятий для разработки рекомендаций по обезвреживанию и вторичному использованию промышленных сточных вод**

Контроль сточных вод на сбросе в ручей проводится сотрудниками лаборатории ОАО «Пигмент».

На предприятии ОАО «Пигмент» ведется мониторинг по поверхностным водным объектам, скважинам режимной наблюдательной сети (РНС), скважинам полигона закачки стоков и барражным скважинам. Проба воды отбирается в инертную к отбираемой воде герметичную емкость, предварительно омытую той же водой, что предназначена для анализа.

Мониторинг поверхностных вод ведется ежеквартально по следующим объектам: Архиерейский пруд (3 шт.), р. Цна (3 шт.), оз. Вронское (1 шт.).

РНС включает в себя кустовые скважины, пробуренные на четвертичный (25 м – 8 шт.), меловой (60 м – 6 шт.) и девонский (10 шт.) водоносные горизонты, а также ряд скважин на грунтовые воды: дамбовые сооружения (24 м – 6 шт.), пойма р. Цна (10 м – 6 шт.).

Пробы из скважин РНС отбираются с предварительной прокачкой (откачка компрессором, желонирование). Перед проведением откачки замеряется статический уровень воды в скважине.

Скважины полигона закачки имеют различное функциональное назначение и пробурены на следующие водоносные горизонты: наблюдательные за распространением фронта закаченных стоков (2 шт.) и нагнетательные (3 шт.) – старооскольский горизонт; контрольные за



возможной вертикальной миграцией стоков (3 шт.) – щигровский горизонт.

Отбор проб из скважин старооскольского горизонта проводится при изливе из межтрубья. Перед отбором проб из скважин щигровского горизонта ведется эрлифтная откачка при помощи компрессора.

Барражные скважины, пробуренные на девонский горизонт (3 шт.), предназначены для ликвидации очага загрязнения продуктивного горизонта. Отбор проб из них ведется при работающей скважине.

В результате мониторинга установлено, что по всем рассматриваемым скважинам химический состав подземных вод по ХПК (химическое потребление кислорода) неизменен или имеет улучшение. По минерализации такая же ситуация отслеживается в скважинах, расположенных в удалении от прудов-накопителей. Ухудшение по минерализации отмечено лишь в скважинах поймы р. Цна и у прудов-накопителей. Однако интенсивность загрязнения стала ниже, а само загрязнение локализовалось на площади меньшей, нежели отмечалось в 1992 году.

Проведены исследования качества сбрасываемых сточных вод в ручей Чумарса. Для этого из ручья отбирали пробы воды, затем в заводской лаборатории проводили их комплексный химический анализ. При этом осуществлялся анализ проб воды на рН (водородный показатель), БГЖБ (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода), АПАВ (анионные поверхностно-активные вещества) и т.д.

Пробы воды отбирались в разное время года. В частности, были отобраны пробы воды 9.12.2013, 17.06.2014, 10.09.2014. Для анализа проб воды использовались следующие приборы: фотометр фотоэлектрический КФК-3; анализатор жидкости флюорат 02-2М; иономер ЭВ-74; весы лабораторные 1-го класса точности ВЛ-210.

В качестве примера приведены результаты такого анализа от 10.09.2014 (табл. 1).

Результаты исследований проб воды, отобранных из ручья Чумарса, свидетельствуют, что исследуемые пробы воды по химическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству сточных вод [5].

Например, содержание анилина в пробах воды (см. табл. 1) существенно меньше допустимой концентрации, равной 0,003 мг/л.

Однако постоянные сбросы промышленных сточных вод неприятием приводят к нарушению экологической ситуации, так как в реках и других водоемах естественный процесс самоочищения воды протекает достаточно медленно. Поэтому чрезвычайно актуальна

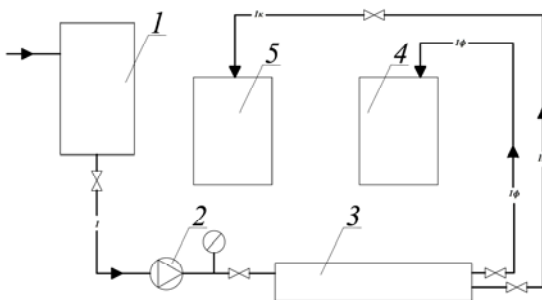
**1. Результаты пробы воды от 10.09.2014**

№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерений	р. Чумарса в створе 500 м выше выпуска сточных вод	Сточная вода (среднее)	р. Чумарса в створе 500 м ниже выпуска сточных вод
1	2	3	4	5	6
1	рН	абсолют.ед.	7,4	7,6	8,1
2	Взвешенные вещества	мг/л	6,5	7,0	7,1
3	БПК5	мг/л	2,4	3,1	3,6
4	ХПК	мг О2/л	18,3	20,3	26,1
5	Сухой остаток	г/л	320	410	530
6	Анилин	мг/л	0,0001	0,0003	0,0003
7	Нитрат-ион	мг/л	0,19	0,13	0,12
8	Нитрит-ион	мг/л	0,07	0,09	0,07
9	АПАВ	мг/л	0,0001	0,002	0,002
10	Фенол	мг/л	0,005	0,002	0,003
11	Железо общее	мг/л	0,2	0,1	0,17
12	Нефтепродукты	мг/л	0,09	0,1	0,1
13	Фосфор общий	мг/л	0,035	0,05	0,05
14	Сульфаты	мг/л	65,4	84,2	83,5
15	Хлориды	мг/л	79,5	92	94,5
16	Магний	мг/л	27,1	32	30
17	Ион аммония	мг/л	0,9	0,9	0,6
18	Жесткость	ЖО	6,9	7,8	8,0

задача разработки комплекса мероприятий по внедрению системы очистки промышленных сточных вод на ОАО «Пигмент», после которой вода будет поступать на повторное использование в производстве.

Такой способ позволит снизить водопотребление, объем закачиваемых стоков, а также повлияет на улучшение экологической среды, в частности на улучшение водных объектов [6].

В настоящей работе для повышения степени очистки сточных вод на ОАО «Пигмент» предложено использовать мембранную установку (рис. 2).



**Рис. 2. Схема лабораторной мембранной установки:**  
 1 – бак исходной воды; 2 – насос; 3 – мембранный аппарат;  
 4 – бак сбора фильтрата; 5 – бак сбора концентрата;  
 -1- – сточная вода; -1φ- – фильтрат; -1к- – концентрат

Для разработки технологии оборотного водоснабжения необходимо провести лабораторные исследования сточных вод, сбрасываемых предприятием ОАО «Пигмент». Промышленная сточная вода, используемая в исследованиях, представляет собой прозрачную, слабоокрашенную жидкость со слабым органическим запахом, солесодержанием в различных емкостях от 7000 до 500 мг/л.

Исходя из требования максимально возможной степени обессоливания и удаления органических примесей, для проведения испытаний была выбрана мембрана с паспортной селективностью 99%.

Исходная вода для экспериментов была получена путем смешения жидкостей из различных емкостей до получения жидкости с солесодержанием 1200...1600 мг/л.

В программе исследований ставились следующие эксперименты:

1. Начальная температура исходной воды 20 °С, рабочее давление 14 бар, исходные расходы фильтрата и концентрата соответственно 18 и 12 л/ч. Объем исходного раствора 60 л. Исходное солесодержание 1600 мг/л.

Экспериментальные исследования заключались в следующем.

Исходная вода из емкости поступала на мембранное разделение, фильтрат и концентрат возвращались в исходную емкость. Разделение проводилось в течение 80 часов. Солесодержание фильтрата в течение этого времени колебалось в пределах 9...29 мг/л, что соответствует удельной электропроводности 20...60 мксм/см. Фильтрат представляет собой бесцветную абсолютно прозрачную жидкость, практически без запаха. Цикличность связана с возрастанием температуры исходного раствора в связи с разогревом его циркуляционным насосом.

Производительность по фильтрату изменилась незначительно, что позволяет спрогнозировать стабильную работу промышленной установки.

2. Стационарные условия. Температура 20 °С. Объем разделяемого раствора 75 л. Исходное солесодержание 1200 мг/л. В течение 3,5 часов было получено 62 л фильтрата и 13 л концентрата. Производительность по фильтрату и концентрату составила соответственно 18 и 4,5 л/ч. Солесодержание фильтрата колебалось в пределах 13...30 мг/л.

Исходная вода поступает на мембранное разделение, фильтрат и концентрат подаются в отдельные емкости. В эксперименте фиксировали: соотношение потоков фильтрата и концентрата (80/20), рабочее давление. Анализируется изменение производительности по фильтрату и солесодержание фильтрата.

3. Нестационарные условия. Исследование режима максимального концентрирования. Объем исходного раствора 60 л. Исходные: солесодержание 1500 мг/л, температура 20 °С. При концентрировании данного раствора в 3 раза по объему характеристики изменяются незначительно, но при дальнейшем концентрировании (солесодержание в подаваемом растворе превышает 6000 мг/л) производительность по фильтрату резко снижается, а солесодержание фильтрата резко увеличивается.

При реализации нестандартных условий разделения исходная вода поступает на разделение, фильтрат отводится в отдельную емкость, концентрат возвращается в исходную емкость. Фиксировано рабочее давление, измеряется расход и солесодержание фильтрата в зависимости от степени концентрирования исходного раствора.

4. Проведение моек мембранного рулонного фильтрующего элемента. В процессе эксплуатации предполагается, что мембранные элементы будут постепенно загрязняться отложениями солей жесткости, коллоидных частиц гидроокисей (в том числе железа), красителями. При проведении моек исходили из рекомендаций фирм-изготовителей мембранных элементов: вначале проводить кислую, затем щелочную мойки во избежание перекристаллизации в щелочной среде неорганических осадков.

Кислую и щелочную мойки производили моющими средствами для мембранных элементов обратного осмоса соответственно «Энерготрит» и «Гидротрит» под общей маркой «Чистил – М», выпускаемыми компанией «Энерго».

В ходе кислой мойки в первые же минуты промывочный раствор окрасился в оранжево-красный цвет, интенсивность которого возрастала в течение 30 мин, в последующие 30 мин интенсивность не изменялась. После отмывки установки от кислого моющего средства был проведен тест по разделению промывной воды. Производительность мембранной установки составила 18 л/ч, т.е. полностью восстановилась.

В ходе щелочной мойки в первые минуты раствор окрасился в грязновато-красный цвет, интенсивность которого возрастала в первые 15...30 мин.

Результаты моек показали, что и кислый, и щелочной реагенты удаляют с поверхности мембран не только неорганические загрязнения, но и присутствующие в промывной воде красители.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Выбранные мембранные элементы производства «Дженерел Электрик» обеспечивают получение очищенной (частично обессоленной и обесцвеченной) воды с удельной электропроводностью 20...200 мкСм/см.

За 100 суммарных часов работы мембранной установки производительность по фильтрату уменьшилась не более, чем на 10%, что не выходит за рамки стандартных условий разделения жидкостей методом обратного осмоса.

Снижение производительности по фильтрату можно объяснить отложениями частиц красителей, находящихся в промывных водах.

Периодическую химическую мойку мембранных элементов следует производить вначале кислым, затем щелочным реагентом, поскольку отмывочные растворы в обоих случаях приобретают окраску. Периодичность моек устанавливается в процессе эксплуатации установки, однако в любом случае ее необходимо проводить при снижении производительности по фильтрату до 80% от первоначальной.

Концентрирование сточных вод рекомендуется проводить до содержания концентрата 5000...7000 мг/л, так как дальнейшее концентрирование приводит к существенному снижению производительности по фильтрату.

В процессе испытаний было выявлено, что переработка анилин-содержащих стоков методом обратного осмоса на рулонных элементах невозможна.

*Работа мембранной установки очистки воды методом обратного осмоса «Энерго-15».*

Вода, идущая с промывки пасты пигментов в фильтр-прессах, поступает в общий коллектор сбора промывных вод и далее самотеком в емкости-накопители, объединенные по нижним спускам и имеющие переливные линии в промгрязную канализацию. Из емкости-накопителя промышленную воду при помощи насоса подают на фильтр-пресс для грубой очистки от солей и примесей. Очищенная на фильтр-прессе вода самотеком первоначально направляется в промгрязную канализацию. Контроль за качеством воды ведут по контрольно измерительным приборам, при достижении удельной электропроводности воды 15 мСм/см клапан открывается, и вода поступает в приемную емкость.

Из емкости воду направляют при помощи насоса через фильтр на мембранную установку.

Перед запуском мембранной установки производят загрузку антискаланта в блок дозирования с разбавлением водой в соотношении 1:8. Раствор антискаланта из блока дозирования подается при помощи насоса в линию воды, идущей на обессоливание.

Вода поступает в мембранную установку с дополнительным давлением, создаваемым насосом, входящим в комплект, смешивается с раствором антискаланта, подаваемого из блока дозирования, при помощи насоса. В процессе нахождения воды в мембранной установке, происходит разделение ее на очищенную воду и воду с солями.

Очищенная вода поступает в емкость, откуда при помощи насоса подается на стадию промывки пигментов в фильтр-прессах.

Вода с солями частично (через вентиль) направляется повторно (поток рецикла) на очистку в мембранную установку. Более концентрированная вода (через вентиль) и запорный кран направляется в промгязную канализацию.

На мембранной установке возможно предварительное обессоливание поступающей артезианской воды, используемой для промывки пигментов. Для этого артезианскую воду подают непосредственно на мембранную установку.

Контроль и управление работой мембранной установки производят с шкафа управления установки «Энерго-15», установленного по месту.

Во время подачи воды на мембранную установку контролируют:

- давление воды на входе в мембранную установку с сигнализацией световой и звуковой при минимальном давлении (не более  $2 \text{ кгс/см}^2$ ) и блокировкой на отключение насоса подачи воды;
- количество воды;
- температуру воды;
- уровень в емкости со световой и звуковой сигнализацией при минимальном уровне и блокировкой (отключением) насоса и при максимальном уровне с блокировкой (включением) насоса;
- уровень в емкости со световой и звуковой сигнализацией при минимальном уровне и блокировкой (включением) насоса и при максимальном уровне с блокировкой (отключением) насоса.

С местного щита КИПиА контролируют:

- уровень залива насоса от емкости со световой и звуковой сигнализацией при минимальном уровне и блокировкой (отключением) насоса;
- удельную электрическую проводимость, поступающей из фильтр-пресса воды в емкость. При удельной электропроводности

15 мСм/см открывается клапан, и вода поступает в емкость. Прибор снабжен световой сигнализацией на щите по состоянию клапана;

- давление на линии подачи воды от насоса со световой и звуковой сигнализацией при максимальном давлении ( $8 \text{ кгс/см}^2$ ) и блокировкой насоса;

- перепад давления при прохождении водой через мешочный фильтр со световой и звуковой сигнализацией при максимальном перепаде ( $6 \text{ кгс/см}^2$ );

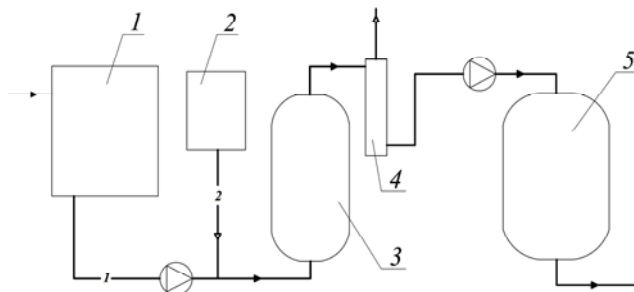
- давление на линии подачи воды от емкости насосом на фильтр-пресс. Давление воды должно быть  $0,5 \dots 3,2 \text{ кгс/см}^2$ . При достижении минимального давления  $0,5 \text{ кгс/см}^2$  срабатывает световая и звуковая сигнализация и блокировка на отключение насоса;

- температуру подшипников насоса. При достижении максимальной температуры  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  срабатывает световая и звуковая сигнализация и блокировка на отключение насоса.

Мембранная установка не обеспечивает очистку промышленных сточных вод от анилинсодержащих стоков. В связи с этим в настоящей работе для переработки анилинсодержащих стоков мы рекомендуем использовать электрофлотатор или озонирование промышленных сточных вод перед мембранной установкой.

Озонирование промышленных сточных вод позволит одновременно осуществить обесцвечивание воды, обеззараживание, удаление запаха и привкуса. Озон окислит как органические, так и неорганические соединения, растворенные в промышленной сточной воде [7].

В процессе озонирования воды (рис. 3) происходит разложение органических соединений и обеззараживание воды. Бактерии погибают в тысячи раз быстрее, чем при хлорировании воды.



**Рис. 3. Технологическая схема процесса озонирования:**

1 – бак исходной воды; 2 – генератор озона; 3 – контактная колонна растворения; 4 – дегазатор; 5 – фильтр с активированным углем;  
-1- – сточная вода; -2- – озон

В процессах окисления воздействие озона может проходить в трех различных направлениях: непосредственное окисление с участием одного атома кислорода; присоединение целой молекулы озона к окисляемому веществу с образованием озонидов; каталитическое усиление окисляющего воздействия кислорода, присутствующего в озонированном воздухе. Окисление загрязняющих веществ бывает, как прямое так и не прямое, кроме того, осуществляться катализом и озонлизом.

Каталитическое действие озонирования (катализ) – это усиление окисляющей способности кислорода, присутствующего в озонированном воздухе.

А при совместном использовании озонирования и ультрафиолетового облучения сточной воды – эффективность процесса очистки сточных вод значительно возрастает. Ультрафиолетовое облучение ускоряет окисление органических веществ озоном в 100...10000 раз [8].

Технологическая установка электрофлотатор предназначена для очистки сточных вод промышленных предприятий от тяжелых металлов, взвешенных веществ, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и нефтепродуктов. Очищенная вода после электрофлотатора и после дополнительной стадии обессоливания на мембранной установке может быть направлена на повторное использование для оборотного водоснабжения предприятия.

Функционирование оборудования основано на процессе выделения пузырьков электролитических газов малого диаметра (20...70 мкм) в процессе электролиза сточной воды и эффекта флотации – всплывания нерастворимых загрязняющих веществ на поверхность сточной воды в электрофлотаторе.

Электрофлотатор модульной установки очистки воды включает в себя: корпус из полипропилена – высоконадежного и химически инертного материала, блок нерастворимых электродов на титановой основе, автоматическое скребковое устройство для сбора шлама с поверхности очищаемой воды, стабилизированный источник питания, крышку – зонт для подвода вытяжной вентиляции.

Электрофлотатор обеспечивает работу очистных сооружений в непрерывном режиме (до 24 часов в сутки), не требует сменных элементов и расходных материалов. Оборудование предназначено для использования как на локальные очистные сооружения сточных вод, так и на общепромышленных станциях очистки и подготовки воды, и обеспечивает эффективное извлечение гидроксидов металлов  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,



Fe(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, взвешенных частиц, анионных и неионогенных СПАВ, нефтепродуктов в независимости от анионного состава очищаемой воды.

По результатам выполняемой работы по очистке сточных вод на ОАО «Пигмент» сделаны следующие выводы.

1. Проведен анализ способов переработки, обезвреживания, размещения и захоронения промышленных сточных вод.

2. Исследованы способы и оборудование для захоронения и очистки сточных вод на ОАО «Пигмент».

3. Проведены исследования свойств промышленных сточных вод на ОАО «Пигмент».

4. Проведены исследования качества сбрасываемых сточных вод в ручей Чумарса.

5. Проведены лабораторные испытания мембранной установки очистки сточных вод. Установлено, что переработка анилинсодержащих стоков методом обратного осмоса на рулонных элементах невозможна. Требуется предварительная очистка промышленных сточных вод от анилина.

6. Разработаны рекомендации по внедрению технологии очистки сточных вод, включающей мембранную установку на основе обратного осмоса с предварительной очисткой на озонаторе или электрофлотаторе.

### Библиографический список

1. Абдрахимов, Ю. Р. Основы промышленной экологии в нефтепереработке и нефтехимии : учебное пособие / Ю. Р. Абдрахимов, Р. Р. Хабибуллин, А. А. Рахматуллина. – Уфа : УГНТУ, 1991. – 58 с.

2. Смирнов, А. Д. Сорбционная очистка воды / А. Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.

3. Шумяцкий, Ю. И. Адсорбционные процессы : учебное пособие / Ю. И. Шумяцкий. – М. : Изд-во РХТУ им. Менделеева, 2005. – 164 с.

4. Тришакова, Т. А. Анализ деятельности по обеспечению экологической безопасности на ОАО «Пигмент» / Т. А. Тришакова, С. Ю. Слюняева, М. А. Синельникова / Материалы 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2014». – М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 221 – 223.

5. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод. – 3-е изд-е / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1966. – 168 с.

6. Сухорукова, Т. А. Обезвреживание промышленных сточных вод на ОАО «Пигмент» / Т. А. Сухорукова, С. Ю. Слюняева, В. Я. Борщев / Безопасность жизнедеятельности в техносфере : материалы II Международной интернет-конференции для молодых ученых : сб. науч. ст. / под ред. А. Н. Лопанова. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. – 200 с.

7. Кожин, В. Ф. Установки для озонирования воды / В. Ф. Кожин. – М. : Стройиздат, 1968. – 172 с.

8. РХТУ им. Д. И. Менделеева [Электронный ресурс] / Озонирование сточной воды – ГК ТрансЭкоПроект. – Режим доступа : <http://hydropark.ru/projects/ozonation.htm>, свободный. – Загл. с экрана.

### References

1. Abdrahimov, Y. R. Fundamentals of Industrial Ecology in the oil refining and petrochemical industry: a tutorial / Y. R. Abdrahimov, R. R. Khabibullin, A. A. Rakhmatullina. – Ufa : UGNTU, 1991. – 58 p.

2. Smirnov, A. D. Sorption water purification / A. D. Smirnov. L. : Chemistry, 1982. – 168 p.

3. Shumyatsky, Y. I. Adsorption processes: a tutorial / Y. I. Shumyatsky. – M. : Publishing House MUCTR. Mendeleev, 2005. – 164 p.

4. Trishakova, T. A. Analysis of the activities to ensure environmental safety at ОАО «Pigment» / T. A. Trishakova, S. Y. Slyunyayeva, M. A. Sinelnikova / Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference of young scientists and specialists «Problems of security technospheric - 2014» – M. : Academy GPS EMERCOM of Russia, 2014. – S. 221 – 223.

5. Lurie, Yu. Yu. Chemical analysis of industrial waste water. – Ed. 3rd / Yu. Yu. Lurie. – M. : Chemistry, 1966. – 168 p.

6. Sukhorukova, T. A. Decontamination of industrial waste water at JSC «Pigment» / T. A. Sukhorukova, S. Y. Slyunyayeva, V. Y. Borschev / Safety in technosphere: Materials of the II International internet-conference for young scientists : Sat. scientific. Art. / Ed. A. N. Lopanova. – Belgorod Univ BGTU, 2014. – 200 p.

7. Kozhinov, V. F. Installations for water ozonation / V. F. Kozhin. – M. : Stroyizdat, 1968. – 172 p.

8. MUCTR. D. I. Mendeleev [electronic resource] / ozonation of wastewater – GK TransEkoProekt. – Access: <http://hydropark.ru/projects/ozonation.htm>, free. – Caps. from the screen.

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И  
ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ**

УДК 66.081.6

## СОСТОЯНИЕ ВОДЫ В ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МЕМБРАНАХ

**С. В. Евдокимов, С. И. Лазарев**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(Тел. (4752) 630370, e-mail: lazarev.sergey.1962@MAIL.RU  
«mailto:lazarev.sergey.1962@mail.ru»@mail.ru)*

*Аннотация:* Приведены экспериментальные исследования физического состояния воды и явлений переноса веществ в ацетатцеллюлозных и динамических полупроницаемых мембранах инфракрасно-спектрометрическим, термогравиметрическим и гидродинамическим методами. Установлено, что в аморфной фазе полупроницаемой мембраны воздушно-сухого образца ОН-группы ацетатцеллюлозы образуют неравновесную сетку водородных связей между молекулами и их фрагментами. Молекулы воды, сорбируясь на активных –ОН и –С=О-группах, прежде всего в аморфной фазе, создают дополнительный отрицательный заряд на молекулах ацетатцеллюлозы, вызванный ориентацией диполей воды, который приводит к электростатическому расталкиванию фрагментов сломанных, скрученных молекул, распрямляет полимерную молекулу, одновременно разрывая межмолекулярные водородные связи.

*Annotation:* Experimental study of the physical state of the water and transport phenomena in materials and dynamic cellulose acetate semipermeable membrane infrared spectroscopic, thermogravimetric and hydrodynamic methods. It is found that in the amorphous phase, a semipermeable membrane air-dry specimen ОН group acetate cellulose non-equilibrium form a network of hydrogen bonds between molecules and fragments thereof. The water molecules at the sorbing active –ОН and –С = О- groups primarily amorphous phase, create additional negative charge on the cellulose acetate molecules caused by orientation of the dipoles of water, which leads to electrostatic repulsion.

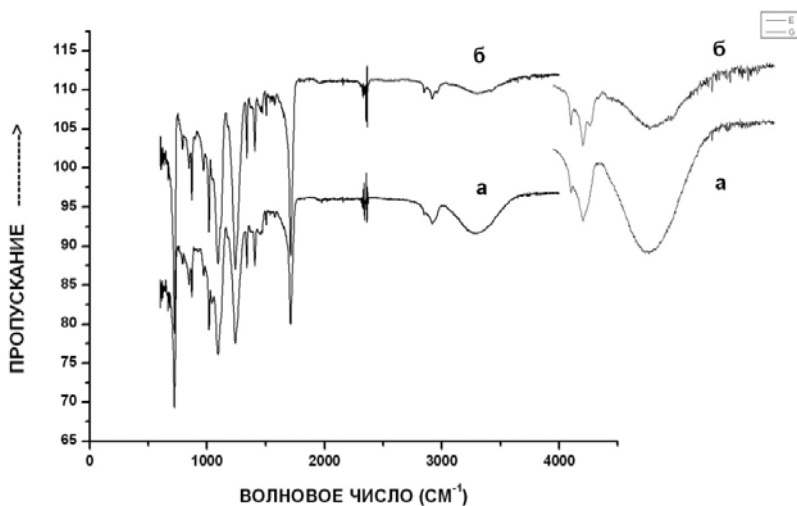
*Ключевые слова:* мембрана, инфракрасно-спектрометрический метод, межмолекулярные связи, жидкокристаллическая фаза, мембрана.

*Keywords:* membrane, infrared spectroscopic method, intermolecular bonds, liquid crystal phase, membrane.

Мембранная технология как перспективная по сравнению с многими традиционными методами применяется для очистки промышленных водных растворов и стоков, но вопрос о состоянии переносимой воды в полупроницаемых и динамических мембранах до настоящего времени остается дискуссионным [1 – 3].

В экспериментальном исследовании физического состояния воды в ацетатцеллюлозной мембране определялись ИК-спектры диффузного отражения от поверхности полимерной мембраны (рис. 1). Приступая к анализу экспериментальных данных по ИК-спектрам воздушно-сухого и водонасыщенного образцов полупроницаемой мембраны МГА-95, представленных на рис. 1 кривыми *a* и *b*, в области частот от 600 до 1800  $\text{см}^{-1}$  колебаний пиранозных циклов и ацетильных групп следует отметить их идентичный характер. Этот идентичный характер исключает возможность говорить о различных пространственных расположениях ротамеров и пиранозных циклов в макромолекулах ацетатцеллюлозы. Однако можно отметить существенные различия ИК-спектров в области частот валентных колебаний метильных групп  $\text{CH}_3$  – 2852  $\text{см}^{-1}$ , 2920  $\text{см}^{-1}$ , 2985  $\text{см}^{-1}$  и гидроксильных ОН-групп от 3000 до 4000  $\text{см}^{-1}$  (рис. 1, *a*, *b*). В ИК-спектре воздушно-сухого образца регистрируется широкая, асимметричная интенсивная полоса поглощения с максимумом 3290  $\text{см}^{-1}$  (рис. 1, *a*). При этом заметим, что низкочастотная часть полосы относительно максимума чуть меньше по площади высокочастотной. В то же время в водонасыщенном образце (рис. 1, *b*) полоса поглощения в области от 3000 до 4000  $\text{см}^{-1}$  с максимумом 3300  $\text{см}^{-1}$  заметно меньшей интенсивности, а на ее контуре наблюдаются выступы при частотах 3010  $\text{см}^{-1}$ , 3070  $\text{см}^{-1}$ , 3450  $\text{см}^{-1}$ , 3645  $\text{см}^{-1}$ . Этот факт заслуживает специального обсуждения. Согласно концепции авторов [4 – 7], диффузная полоса поглощения валентных колебаний ОН-групп свидетельствует об образовании внутри- и межмолекулярных, различных по длине и энергиям водородных связей. Колебания свободных гидроксогрупп, как правило, [4 – 7] регистрируются выше 3650  $\text{см}^{-1}$ .

Известно, что сорбция воды происходит в основном в аморфных областях и частично на поверхностях кристаллитов. Отметим, что аморфная фаза формируется на определенной стадии технологического цикла получения ацетатцеллюлозной композиционной мембраны. Она представляет собой относительно симметричный клубок «сломанных», перепутанных, скрученных макромолекул, связанных сеткой водородных связей различной силы. Поэтому в ИК-спектре воздушно-сухого образца наблюдается бесструктурная широкая полоса поглощения ОН-групп в области 3000  $\text{см}^{-1}$  – 4000  $\text{см}^{-1}$ .



**Рис. 1. ИК-спектры диффузного отражения от поверхности ацетатцеллюлозной полимерной мембраны МГА-95:**  
*а* – воздушно-сухого образца; *б* – насыщенного водой образца

При набухании образца ацетатцеллюлозной композиционной мембраны молекулы воды сорбируются на гидрофильных активных ОН-группах и карбонильных  $\text{C}=\text{O}$  гидрофобных ацетильных группах образца по протоноакцепторному типу водородные связи. Эти водородные связи проявляются выступами при  $3010$  и  $3070 \text{ см}^{-1}$  (рис. 1, б), что свидетельствует об образовании на атомах молекулы ацетатцеллюлозы избыточного отрицательного заряда. Электрическое поле, взаимодействуя с близко расположенными отрицательными атомами, расталкивает фрагменты изогнутых молекул и разрывает слабые межмолекулярные водородные связи. Это приводит к уменьшению интенсивности валентных колебаний ОН-групп согласно работе [6].

Таким образом, макромолекулы выпрямляются и принимают наиболее устойчивые формы, вокруг которых образуется гидратный слой молекул воды. Очевидно, структура этого слоя состоит из ориентированных диполей воды перпендикулярно оси полимерной молекулы, отрицательный полюс которых расположен во внешнюю сторону. Что касается выступа при  $3450 \text{ см}^{-1}$ , то его проявление связано, вероятнее всего, с взаимодействием молекул воды первого гидратного слоя с ассоциативными молекулами воды следующего так называемого деструктивного слоя [5, 8]. Следовательно, в набухшем образце мем-

браны аморфная фаза имеет вполне определенный уровень структурной организации. Можно уверенно предположить, что между компланарно расположенными ацетатцеллюлозными молекулами образуются капиллярные пространства, скорее всего, плоской формы, в которых вода, выступая как пластификатор, сближает макромолекулы и удерживает их в устойчивом состоянии. Поэтому, неудивительно, что рентгенодифракционные исследования [9] показали изменения расстояния между молекулами от 1,13 до 1,03 нм. При этом следует отметить, что вода в этих пространствах находится в разных ассоциатах: кристаллогидратная (замороженная), абсорбированная (деструктурированная), в которой молекулы воды подвергаются примерно одинаковому по величине, но разному по направлению ориентирующему влиянию со стороны соседних молекул воды и молекул гидратной оболочки. Деструктурированный слой воды граничит с диффузным слоем, в котором вода сохраняет обычные свойства [8] и проявляется колебаниями ОН-групп с частотой  $3645 \text{ см}^{-1}$ . Такое упорядочение ассоциатов воды на поверхностях молекул ацетат целлюлозы соответствует структуре двойного электрического слоя, дзета-потенциал которого по абсолютной величине уменьшается при набухании образца мембраны МГА-95 с 53 до 20 мВ [10]. То есть вода способствует переходу аморфной фазы в жидкокристаллическую (ЖК) фазу с характерными анизотропными свойствами [11, 12]. В наших исследованиях эти свойства наблюдаются в расщеплении полосы поглощения антисимметричного дважды вырожденного валентного колебания метильной группы  $\text{CH}_3$  при  $2921 \text{ см}^{-1}$  воздушно-сухого образца на две полосы с максимумами 2921 и  $2985 \text{ см}^{-1}$  в набухшем образце (рис. 1, а, б).

В процессе мембранного разделения биологических растворов установлен факт образования динамических мембран на ультрафильтрах из веществ, находящихся в биологических растворах. За счет изменения структурных характеристик динамических мембран (сжимаемости активного слоя мембраны), т.е. путем варьирования технологических параметров мембранного процесса (в нашем случае – рабочего давления), можно регулировать механизм процесса мембранного разделения биологических растворов [13].

### Библиографический список

1. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер : пер. с англ. ; под ред. С. И. Ямпольского, В. П. Дубяга. – М. : Мир, 1999. – 513 с.
2. Очкина, К. А. Транспортные характеристики полиамидных и полисульфоновых обратносмотических мембран, модифицированных краун-эфирами / К. А. Очкина, Н. Н. Кулов, С. В. Фомичев // Теорет. основы хим. технологии. – 1998. – Т. 32, № 1. – С. 51.

3. Дубяга, В. П. Полимерные мембраны / В. П. Дубяга, Л. П. Перепечкин, Е. Е. Каталевский. – М. : Химия, 1981. – 232 с.
4. Вендельштейн, Б. Ю. Исследование разрезов нефтяных и газовых скважин методом собственных потенциалов / Б. Ю. Вендельштейн. – М. : Недра, 1966. – 206 с.
5. Вода в полимерах : пер. с англ. / под ред. С. Роуланда. – М. : Мир, 1984. – 555 с.
6. Водородная связь / отв. ред. Н. Д. Соколов. – М. : Наука, 1981. – 285 с.
7. Жбанков, Р. Г. Физика целлюлозы и ее производных / Р. Г. Жбанков, П. В. Козлов. – Минск : Наука и техника, 1983. – 295 с.
8. Панков, С. П. Взаимодействие целлюлозы и целлюлозных материалов с водой / С. П. Панков, Э. З. Файнберг. – М. : Химия, 1976. – 260 с.
9. Лазарев, С. И. Исследование структуры композиционной мембраны МГА-95 методом рентгеновского рассеивания / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, Д. С. Лазарев // Мембраны и мембранная технология. – 2014. – Т. 4, № 3. – С. 208 – 211.
10. Исследование электрокинетических характеристик обратно-осмотических мембран в водных растворах гидрокарбоната натрия / Ю. М. Головин, И. П. Мицул, Д. О. Никитенков и др. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 530 – 536.
11. Шиповская, А. Б. Фазовый анализ систем эфир целлюлозы-мезофазогенный растворитель : автореф. ... дис. д-ра хим. наук / А. Б. Шиповская. – Саратов, 2009. – 41 с.
12. Strathmann, H. Ion-Exchange Membrane Separation Processes (Membrane Science and Technology, Volume 9). Elsevier Science: 2003. – P. 360.
13. Свитцов, А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. – М. : ДеЛипринг, 2007. – 208 с.

### References

1. Mulder, M. Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu : Per. s angl./ Pod red. S. I. Yampol'skogo, V. P. Dubyaga. – М. : Mir, 1999. – 513 s.
2. Ochkina K. A., Kulov N. N., Fomichev S. V. Transportnye kharakteristiki poliamidnykh i polisul'fonovykh obratnoosmoticheskikh membran, modifitsirovannykh kraun-efirami // Teoret. osnovykhim. tekhnologii. 1998. – Т. 32, N 1. – S. 51.
3. Dubyaga V. P., Perepechkin L. P., Katalevskii E. E. Polimernye membrany. – М. : Khimiya, 1981. – 232 s.
4. Vendel'shtein, B. Yu. Issledovanie razrezov neftyanykh i gazovykh skvazhin metodom sobstvennykh potentsialov. – М. : Nedra, 1966. – 206 s.



5. Voda v polimerakh: Per. s angl. / Pod red. S. Roulenda. – М. : Mir, 1984. – 555 s.
6. Vodorodnaya svyaz' // Otv. red. N. D. Sokolov. – М. : Nauka, 1981. – 285 s.
7. Zhbankov R. G., Kozlov P. V. Fizikat sellulyozy i eiproizvodnykh. – Minsk : Nauka i tekhnika. 1983. – 295 s.
8. Pankov S. P., Fainberg E. Z. Vzaimodeis tvietsellyuloz y i tsellyuloznykh materialov s vodoi. – М. : Khimiya. 1976. – 260 s.
9. Lazarev S. I., Golovin Yu. M., Lazarev D. S. Issledovanie struktury kompozitsionno imembrany MGA-95 metodom rentgenovskogo rasseivaniya // Membrany i membranna yatekhnologiya. – 2014. – Т. 4, № 3. – S. 208 – 211.
10. Yu. M. Golovin, I. P. Mitsul, D. O. Nikitenkovi dr. Issledovanie elektrokineticheskikh karakteristik obratnoosmoticheskikh membran v vodnykh rastvorakh gidrokarbo natanatriya // Sorbtsionnyei khromatograficheskie protsessy. – 2014. – Т. 14, vyp. 3. – S. 530 – 536.
11. Shipovskaya A.B. Fazovyanaliz sistemefirtsellyulozy-mezofazogenyirastvoritel' : Avtoref. ... dis. d-rakhim. nauk. Saratov. – 2009. – 41 s.
12. H. Strathmann Ion-Exchange Membrane Separation Processes (Membrane Science and Technology, Volume 9). Elsevier Science: 2003. – P. 360.
13. Svittsov, A. A. Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu. – М. : DeLiprint, 2007. – 208 s.

УДК 54.08

## **РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ДАВЛЕНИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЛЕНОК**

**А. В. Фирсова**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов (Тел. (8920)2368119, e-mail: alya.firsova95@mail.ru)*

*Аннотация:* Разработана и описана экспериментальная установка, основными блоками которой являются блок формирования возмущающего воздействия, измерительный блок и блок формирования мономолекулярных пленок. Проведены исследования по выявлению физических основ взаимодействия струйно-акустического сигнала с пленкой амфифильных веществ. Получена изотерма сжатия монослоя при струйно-акустическом воздействии. Проведенные исследования позволяют говорить о наличии физических эффектов, связанных с взаимодействием газовой струи с мономолекулярными пленками.

*Abstract:* Experimental setup, the basic building blocks which are block formation disturbance, the measuring unit and the formation of monomolecular films developed and described. Carried out researches on revealing the physical foundation of the interaction spurt-acoustic signal with a film of amphiphiles substances. Isothermal compression of the monolayer with spurt-acoustic effect received. Phase transition considered. Studies suggest that there is the physical effects associated with the interaction of the gas stream with a monomolecular film.

*Ключевые слова:* мономолекулярная пленка, амфифильные вещества, подвижный барьер, поверхностный слой, струйно-акустическое воздействие, монослой.

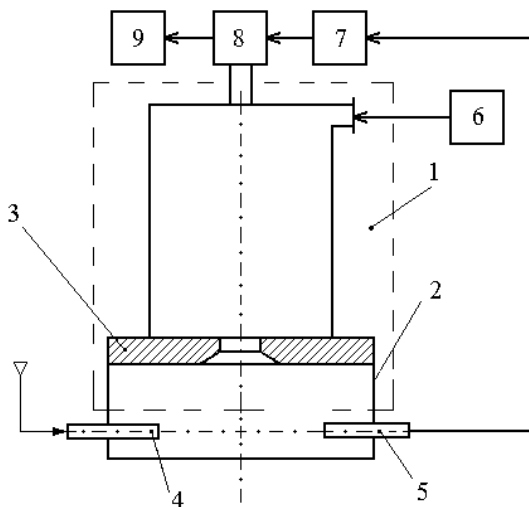
*Keywords:* monomolecular film, amphiphilic substances, movable barrier, surface layer, jet acoustic impact, monolayer.

Пленки Ленгмюра–Блоджетт являются новым и перспективным объектом современной физики. Получение новых функциональных материалов и покрытий с применением технологии Ленгмюра–Блоджетт требует всестороннего изучения процессов, протекающих в ходе синтеза, в том числе в условиях воздействия различных возмущающих факторов.

При синтезе новых материалов, а также в процессах формирования тонкопленочных покрытий в таких отраслях промышленности, как оптика, электроника, машиностроение, приборостроение, важным информативным параметром является поверхностное натяжение, которое характеризует состояние поверхностного слоя и его внутреннюю энергию. При получении мономолекулярных пленок определяют поверхностное давление, которое непосредственно связано с поверхностным натяжением. Существующие методы и средства контроля поверхностного натяжения в большинстве своем являются контактными и основаны на взаимодействии поверхностных слоев веществ с погруженными в них механическими чувствительными элементами, что ограничивает их область применения. В связи с этим актуальной является задача выявления новых физических эффектов, возникающих при взаимодействии низкоэнергетических газовых потоков с формируемыми мономолекулярными пленками, создание новых принципов измерения поверхностного давления и разработки на их основе бесконтактного неразрушающего метода и прибора.

В результате проведенных исследований с использованием струйно-акустического устройства, схема которого показана на рис. 1, выявлены механизмы взаимодействия струйно-акустического сигнала с тонкими пленками на поверхности жидкой фазы.

Струйно-акустический измерительный блок 1 устройства, механически связанный с устройством перемещения  $\delta$ , содержит формиро-

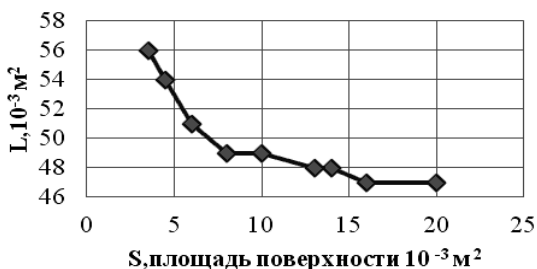


**Рис. 1. Схема струйно-акустического измерительного устройства**

ватель плоской акустической волны 2, выполненный в виде цилиндра, в верхней части которого размещен диафрагмовый звукообразующий элемент 3. Расход питания на измерительный блок 1 поступает по газоподводящей трубке от источника постоянного расхода 6. Струйный элемент, состоящий из питающего 4 и приемного 5 капилляров, установлен внутри формирователя 2 и служит для сигнализации момента исчезновения колебаний звуковой частоты вследствие образования узла стоячей акустической волны в струйно-акустической системе. Сигнал с выхода приемного капилляра 5 поступает в блок управления 7, который формирует управляющее воздействие, поступающее на устройство 8. Выход устройства 8 связан с входом измерителя перемещения 9.

При проведении экспериментальных исследований на поверхности жидкой субфазы (деионизованная вода) формировались пленки Ленгмюра на основе раствора стеариновой кислоты в этаноле, с элемента 3 подавалось струйно-акустическое воздействие, дальнейшее изменение которого осуществлялось вертикальным перемещением струйно-акустического блока к поверхности пленки. В момент достижения нулевого значения в распределении амплитуд звукового давления в струйно-акустической системе (достижение расстояния, соответствующего узлу стоячей акустической волны) определялось расстояние от блока 1 до поверхности пленки.

На рисунке 2 показаны результаты экспериментальных исследований.



**Рис. 2. Изотерма сжатия монослоя при струйно-акустическом воздействии**

На графике имеется два ярко выраженных перегиба – при площади  $15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  и  $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , разбивающих график на 3 участка, соответствующих прохождению формируемой пленкой агрегатных состояний – газ, жидкость, жидкий кристалл (по мере уменьшения площади)

Характер зависимости полностью повторяет вид изотермы сжатия, получаемой при формировании пленок в ваннах Ленгмюра [2].

При сближении молекул поверхностно-активного вещества изменяются упругие свойства пленки и ее плотность. Повышение упругости поверхностного слоя приводит к уменьшению фазовой задержки при отражении звуковой волны и, как следствие, к увеличению расстояния  $L$ .

После разрушения мономолекулярного слоя на поверхности водной субфазы образуются изолированные мицеллы и агломераты, которые не влияют существенным образом на интегральную упругость поверхностного слоя.

### Библиографический список

1. Мордасов, Д. М. Струйно-акустические эффекты в методах неразрушающего контроля веществ / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 112 с.
2. Лабутин, И. С. Получение и исследование молекулярных пленок Ленгмюра–Блоджетт на основе стеариновой кислоты / И. С. Лабутин, Н. С. Прохорович // Известия КГТУ. – Калининград, 2005. Т. 8. – С. 38 – 42.

### References

1. Mordasov, D. M. Chip-acoustic effects in nondestructive inspection agents / D. M. Mordasov, M. M. Mordasov. – M. : FIZMATLIT, 2009. – 112 p.
2. Labutin, I. S. Preparation and investigation of molecular Langmuir-Blodgett films based on stearic acid / IS Labutin, NS Prokhorovich // Proceedings of KSTU. – Kali of Kaliningrad, 2005. – V. 8. – S. 38 – 42.

# **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

УДК: 332.14

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**А. С. Епифанцева**

*Астраханский государственный технический университет,  
Россия, Астрахань  
(Тел. +79648866036, e-mail: anastasiyaepifantseva@gmail.com)*

*Аннотация:* В данной статье проведен анализ различных моделей управления качеством. Рассматривается вопрос управления качеством высшего образования на примере Финляндии и Великобритании. Особое внимание обращено на обеспечение качества в Астраханском государственном техническом университете.

*Abstract:* This article analyzes the various models of quality management . The question of the quality management of higher education on the example of Finland and the United Kingdom. Particular attention is paid to the quality assurance in the Astrakhan State Technical University .

*Ключевые слова:* качество, управление качеством, качество образования, система менеджмента качества.

*Keywords:* quality, quality management, quality of education, the quality management system.

В современном мире высшее профессиональное образование – это не только норма жизни, но и необходимое условие успешного существования. Развитие экономики предъявляет новые требования к структуре и качеству подготовки специалистов и рабочих кадров. Проблема повышения качества в российской системе образования актуализировалась в последние годы. Видимым выражением этой тенденции является введение соответствующих понятий в нормативные документы, а также развитие соответствующих институциональных механизмов, обеспечивающих диагностику и управление качеством. Российская наука и образовательная практика ищут пути обеспечения качества образования путем осмысления интеграционных процессов, происходящих в европейском образовании. Необходимы целенаправленные усилия для преодоления диспропорций. В связи с этим актуальность данной темы на современном этапе является очевидной [2].

Цель данной работы – изучить современные основы управления качеством в российских и зарубежных вузах и выяснить, как доступ-

ность получения высшего образования повлияла на качество образования в России.

Научная новизна исследования заключается в том, что в нем осуществлен комплексный системный и контекстуальный анализ и синтез широкого массива национальных и международных программных, нормативно-правовых и аналитических документов и материалов в области качества высшего образования, а также анализ качества образования, которое обеспечивает непосредственно ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет».

В ходе исследования использовались следующие общенаучные методы и приемы: анализ, синтез, дедукция, индукция, методы обобщения, сравнительного анализа и группировки.

Результаты научного исследования могут быть использованы высшими учебными заведениями для анализа уровня качества предоставляемого образования, а также при построении и развитии систем менеджмента качества.

Нет необходимости доказывать, что устойчивость функционирования вузов, развитие высшего образования и повышение качества подготовки высококвалифицированных кадров во многом зависят от обеспечения своевременного финансирования расходов.

Поскольку развитие сферы высшего образования рассматривается в качестве общегосударственной задачи, она финансируется в основном из федерального бюджета РФ. В таблице 1 указаны государственные расходы в расчете на одного обучающегося в разных странах [4]. Исходя из данных таблицы, можно сделать следующий вывод: Россия

### **1. Государственные расходы на высшее образование в расчете на одного обучающегося в России и некоторых зарубежных странах (в долл. США)**

Страна	Основное общее, среднее (полное) общее и начальное профессиональное образование	Высшее и послевузовское профессиональное образование
Россия	4128	9636
Австралия	10 137	16 074
Великобритания	10 013	16 338
Германия	9285	15 711
США	12 550	29 201
Финляндия	8947	16 569
Швеция	10 050	19 961

занимает одно из последних мест по данному показателю и является страной, тратящей на образование на одного обучающегося, высшего и послевузовского образования 9636 \$, что составляет почти на 20000 \$ меньше расходов на образование на одного обучающегося в США.

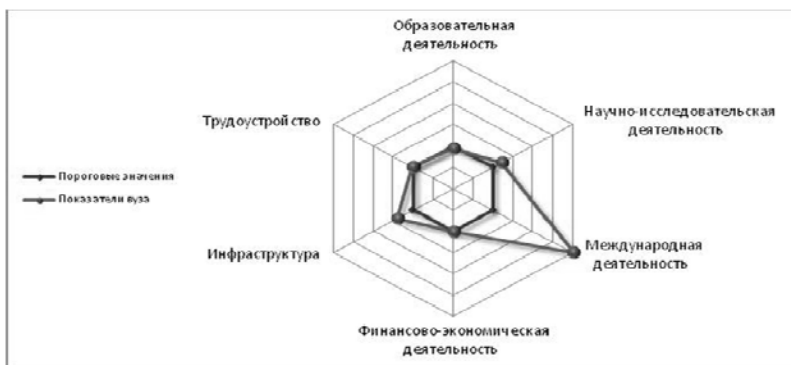
Недостаток государственного финансирования приводит к тому, что поиск внебюджетных средств становится фактически повседневным занятием образовательных учреждений всех типов, видов и категорий в соответствии с направленностью их образовательных программ и потребностью в финансовых ресурсах. Это подталкивает образовательные учреждения к поиску и привлечению средств из самых разнообразных источников.

В настоящее время в вузах России применяются различные модели управления качеством: модель системы менеджмента качества стандарта ISO 9001:2008, модель EFQM, модели национальных и региональных премий по качеству, типовая модель системы качества высшего и дополнительного профессионального образования. На примере Астраханского государственного технического университета можно увидеть результаты применения модели ISO 9001:2008. В АГТУ создана система менеджмента качества, университет благодаря этой системе проходит различные внешние проверки (аккредитацию, мониторинг), а также Астраханский государственный технический университет во второй раз включен в рейтинг лучших вузов России, составляемый одним из крупнейших российских рейтинговых агентств. В ходе работы над рейтингом было опрошено более 4 тыс. респондентов, среди которых были представители академических кругов, выпускники и работодатели. Более того, АГТУ единственный из вузов Астраханской области попал в TOP-100 лучших вузов России. Согласно рейтингу, по Южному федеральному округу АГТУ по качеству образования занимает престижное четвертое место, по трудоустройству выпускников – второе место, а по научно-исследовательской деятельности – третье место.

Астраханский государственный технический университет прошел мониторинг в 2013 году. К заседанию рабочей группы Межведомственной комиссии по мониторингу деятельности образовательных организаций высшего образования были представлены информационно-аналитические материалы, отраженные на рис. 1.

Для признания вуза эффективным требуется достижение 3-х и более пороговых значений. По всем показателям, кроме образовательной деятельности, АГТУ превышает пороговые значения.





**Рис. 1. Позиции вуза по основным показателям Мониторинга в сравнении с пороговыми значениями показателей**

Следует отметить, что показатель международной деятельности превышает пороговый почти в 8 раз. АГТУ является центром студенческой жизни для студентов разных стран. Иностранные студенты участвуют в спортивных соревнованиях, конкурсах, концертах, знакомят российских студентов с творчеством и искусством своих стран. Также АГТУ способствует участию студентов в программах международной академической мобильности [1].

Если рассматривать обеспечение качества высшего образования таких зарубежных стран, как Великобритания и Финляндия, то можно увидеть, что оно заключается в повышении конкурентоспособности и эффективной кооперации между университетами. В системах высшего образования этих стран наиболее развита внутренняя оценка качества. Кроме того, существуют независимые организации внешнего контроля качества высшего образования.

На сегодняшний день в России трудно получить качественное высшее образование, так как существует большое количество государственных и негосударственных высших учебных заведений, не обеспечивающих должного качества, о чем говорят результаты мониторинга и рейтингов. Из этого следует, что необходимо количественное сокращение объема высшего образования, т.е. числа вузов и студентов. Ведь, как известно, погоня за количеством приводит к потере качества. Это позволит притом же объеме бюджетного финансирования значительно увеличить бюджетные средства на одного студента, а также

высвободятся столь остро необходимые российской экономике трудовые ресурсы квалифицированных рабочих и техников для производственной сферы экономики.

### Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 07.02.2011 № 163-р «Об утверждении Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2011 – 2015 годы».
2. Распоряжение Правительства РФ от 15.05.2013 N 792-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования на 2013 – 2020 годы».
3. Астраханский государственный технический университет URL:<http://www.astu.org/pages/show/2825-Effektivnostj-deyatelnosti-AGTU>.
4. Белова, С. Н. Управление качеством образовательного процесса в вузе на основе мониторинга удовлетворенности потребителей образовательными услугами / С. Н. Белова // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2012. – № 1. – С. 23 – 29.
5. Ивойлова, И. Физика твердого тела / И. Ивойлова // Российская газета. – 2013. – № 6.
6. Кириллина, Ю. Качество образования как комплексная проблема / Ю. Кириллина // Высш. образование в России. – 2011. – № 10. – С. 45 – 47.

### References

1. Order of the Government of the Russian Federation from 07.02.2011 № 163-p «On Approval of the Concept of the Federal Target Program of Education Development for 2011 – 2015».
2. Order the Government of the Russian Federation of 15.05.2013 N 792-p «On approval of the state program of the Russian Federation» Development of Education for 2013 – 2020.
3. Astrakhan State Technical University. URL: <http://www.astu.org/pages/show/2825-Effektivnostj-deyatelnosti-AGTU>.
4. Belova, S. N. Quality management of educational process in high school on the basis of monitoring customer satisfaction in educational services // standards and monitoring in education. – 2012. – N 1. – С. 23 – 29.
5. Ivoilova, J. Solid State Physics // the Russian newspaper. – 2013. – № 6.
6. Kirillina, Yu. Quality of education as a complex problem // Executive. Education in Russia. – 2011. – N 10. – С. 45 – 47.

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ  
И УПРАВЛЕНИЕ**

УДК 614.894

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА «ИСКУССТВЕННЫЕ ЛЕГКИЕ»

**М. П. Оневский, П. Е. Иконников, К. С. Василевский**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)639187, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)*

*Аннотация:* Приводится описание и состав автоматизированной установки «Искусственные легкие». Производится описание алгоритма работы прикладного программного обеспечения системы управления.

*Abstract:* The description and composition of automated installation «Artificial Lungs». Produced description of the algorithm of the software application management system.

*Ключевые слова:* установка «Искусственные легкие», автоматизированная система управления, прикладное программное обеспечение.

*Keywords:* Artificial Lungs installation, automated control system, application software.

Разработка новых видов индивидуальных дыхательных аппаратов (ИДА) для защиты органов дыхания человека требует проведения огромного числа испытаний в реальных условиях. Эти испытания могут проводиться двумя путями: испытания ИДА непосредственно человеком или с применением специальных установок, имитирующих дыхание человека. Такие системы имитации дыхания человека в специальной литературе получили название установки «Искусственные легкие» (ИЛ) [1].

Кафедрой «Информационные процессы и управление» Тамбовского государственного технического университета предложена автоматизированная испытательная установка «Искусственные легкие» (рис. 1). Эта установка включает в себя: имитаторы дыхания и потребления кислорода 1 и 2, дозаторы углекислого газа и азота 3 и 4, интерфейс для подключения ИДА 5, линейные приводы 6.1 – 6.4, водяную баню 7, баллоны с углекислым газом и азотом 8 и 9, расходные резервуары углекислого газа и азота 10 и 11, нагреватель 12, холодильник 13, отсекающие клапаны FV1 – FV10 и автоматизированную систему управления [2].

Система управления оснащена датчиками температуры ТЕ ТПУ-0304, датчиками давления РЕ АИР-10ДИ, газоанализаторами ФЕ ПКГ-4 для измерения концентрации кислорода и углекислого газа. Все эти приборы имеют унифицированный выходной сигнал 4...20 мА.

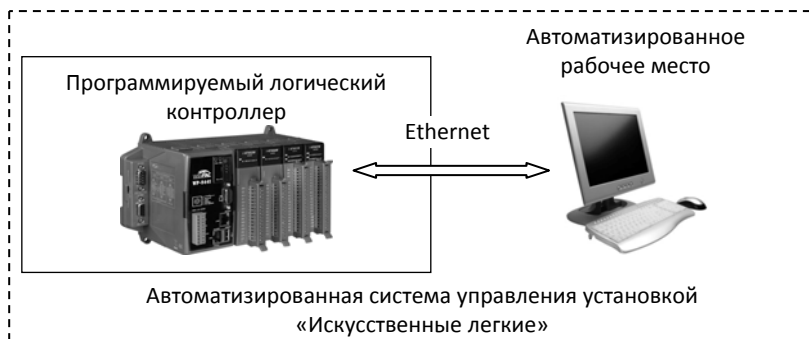
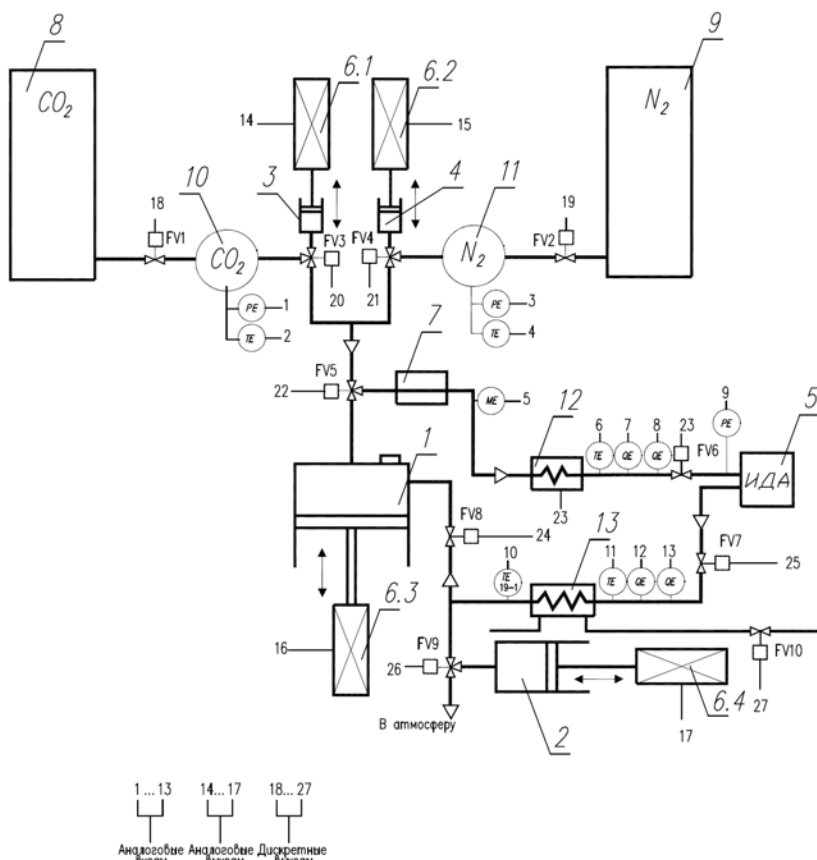


Рис. 1. Автоматизированная установка «Искусственные легкие»

Информация с них поступает на щит управления, который включает программируемый логический контроллер WinPAC-8847, модули аналогового ввода I-87017RCW, модуль аналогового вывода I-8024W, модуль дискретного вывода I-8057W, блоки питания, контроллеры линейных приводов и промежуточные реле.

Программируемый логический контроллер по информации от датчиков температуры, давления и концентрации по разработанному алгоритму управления осуществляет управление линейными приводами 6.1 – 6.4 и отсечными клапанами FV1 – FV10 через соответствующие контроллеры линейных приводов и промежуточные реле.

Основное назначение установки – это имитация дыхания человека, т.е. воспроизведение требуемой пневмотахограммы дыхания с одновременной имитацией потребления кислорода. Решение этой задачи обеспечивается разработанным алгоритмическим и прикладным программным обеспечением программируемого логического контроллера. Алгоритм функционирования линейных приводов и отсечных клапанов включает две фазы – фазу ВДОХ и фазу ВЫДОХ.

На фазе ВЫДОХ трехходовые отсечные клапаны FV3 и FV4 находятся в положении забора углекислого газа и азота из резервуаров 10 и 11. При этом требуемое количество этих газов, которое необходимо будет ввести в контур дыхания на фазе ВДОХ, рассчитывается контроллером по программе на каждом цикле ВДОХ-ВЫДОХ. Для расчета объема забираемых газов используется информация об их температуре и давлении. Рассчитанный объем газов отмеривается поршневым дозатором с линейным приводом.

При переходе на фазу ВДОХ трехходовые клапаны FV3 и FV4 переключаются, а линейные приводы 6.1, 6.2, 6.4 начинают двигаться синхронно с приводом 6.3 имитатора дыхания 1.

Одновременно с началом фазы ВДОХ трехходовой клапан FV5 переключается на забор отмеренного объема азота и углекислого газа, клапаны FV7, FV8 открываются, FV6 – закрывается, а трехходовой клапан FV9 переключается на отбор требуемого (в соответствии с программой расчета) объема газовой смеси из имитатора дыхания.

При переключении на фазу ВЫДОХ происходит обратный процесс, при этом трехходовой клапан FV9 переключается на линию сброса газовой смеси, отобранной имитатором потребления кислорода 2 на фазе ВДОХ.

Помимо решения основной задачи – отработки программы, реализующей заданную пневмотахограмму дыхания с возможностью изменения в реальном времени амплитуды (глубины) и частоты дыхания – программируемый логический контроллер также обеспечивает регули-

рование температуры после нагревателя и холодильника, стабилизацию давления в расходных резервуарах азота и углекислого газа.

Прикладное программное обеспечение управляющего контроллера выполнено в среде программирования ISaGRAF v3.55 с использованием языков программирования SFC (Sequential Function Chart) и ST (Structured Text), которые входят в международный стандарт на языки программирования промышленных контроллеров IEC 61131-3.

В состав автоматизированной установки «Искусственные легкие» входит автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора-испытателя, которое построена на базе PC-совместимого компьютера с использованием отечественной SCADA-системы TraceMode 6.

Основными задачами АРМ оператора-испытателя являются:

- сбор текущей информации от контроллеров;
- архивирование и хранение текущей информации и ее дальнейшая необходимая обработка;
- представление текущей и исторической информации на мониторе в удобном для оператора виде (реализация динамизированных мнемосхем, таблиц, графиков, трендов);
- задание режима проведения эксперимента – параметров кривой пневмотахограммы дыхания: вида кривой, частоты, глубины дыхания, коэффициента дыхания, или выбор из заранее predetermined режимов, хранящихся в базе данных;
- задание плана проведения экспериментов (изменение параметров энурсы дыхания во времени) с целью имитации последовательности режимов работы (тяжелая работа, легкая работа, сон и т.п.);
- регистрация всех действий оператора;
- защита от несанкционированного доступа и предоставление различных прав пользователям во время работы с системой;
- печать отчетов и протоколов в заданные моменты времени или по инициативе оператора;
- информационные связи с серверами и другими рабочими станциями через разные сетевые структуры.

Разработанная автоматизированная установка «Искусственные легкие» позволяет существенно расширить возможности проведения испытаний ИДА, полностью выполнить требования по проведению испытаний [3]. При этом автоматизированная установка «Искусственные легкие» реализует различные пневмотахограммы дыхания (в виде синусоидальной кривой, трапеции, треугольника и др.) с возможностью изменения в реальном времени амплитуды (глубины) и частоты дыхания и позволяет полностью имитировать потребление кислорода человеком (по объему и массе).

### Библиографический список

1. Иванов, А. М. Имитационное моделирование комплекса «Искусственные легкие» / А. М. Иванов, П. М. Оневский, А. А. Третьяков // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – № 3.1(45). – С. 142 – 145.
2. Елизаров, И. А. Анализ подходов к построению интеллектуальной системы управления испытательным комплексом «Искусственные легкие» / И. А. Елизаров, А. М. Смолин, В. Ю. Харченко // Вестник ТГТУ. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 957 – 963.
3. ГОСТ 12.4.220–2001. «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели). Общие технические требования. Методы испытаний».

### References

1. Ivanov, A. M. Simulation complex «Artificial Lungs» / A. M. Ivanov, P. M. Onevsky, A. A. Tretyakov // Control Systems and Information Technology, 2011. – N 3.1 (45). – P. 142 – 145.
2. Elizarov, I. A. Analysis of approaches to organization of the intelligent control system testing facility «Artificial Lungs» / I. A. Elizarov, A. Smolin, V. Y. Kharchenko // Herald TSTU. 2012. – Vol 18. – N 4. – P. 957 – 963.
3. GOST 12.4.220–2001. «Occupational Safety Standards. Personal respiratory protection. Devices with autonomous insulating chemically bound oxygen (self-rescuers). General technical requirements. Test methods».

УДК 614.894

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Е. Ю. Барвалина, П. Е. Иконников, С. Н. Голощанов**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)639187, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)*

*Аннотация:* Проводится имитационное моделирование функционирования системы управления установкой «Искусственные легкие». Приводится методика идентификации динамических характеристик элементов установки «Искусственные легкие».



*Abstract:* Imitating modeling of functioning of a control system of the Artificial Lungs installation is carried out. The technique of identification of dynamic characteristics of elements of the Artificial Lungs installation is given.

*Ключевые слова:* изолирующие дыхательные аппараты, установка «Искусственные легкие», внешнее дыхание человека, математическая модель, алгоритм идентификации.

*Keywords:* the isolating respiratory devices, Artificial Lungs installation, external breath of the person, mathematical model, algorithm of identification.

В настоящее время основным средством для проведения испытаний СИЗ органов дыхания человека изолирующего типа, а также их отдельных компонентов являются установки «Искусственные легкие» (ИЛ) [1].

Установка ИЛ включает в себя четыре основных блока: блок имитации дыхания, блок имитации потребления кислорода, блок подачи диоксида углерода и азота, блок управления установкой [2].

Для проведения имитационных исследований системы управления установкой ИЛ необходимо провести идентификацию математической модели (ММ) процесса имитации внешнего дыхания человека.

Результаты идентификации приведены на примере блока потребления кислорода.

Блок потребления кислорода является одним из основных блоков установки ИЛ. Он имитирует потребление кислорода путем удаления из установки ИЛ (сброс в атмосферу) заданного объема газовой дыхательной смеси (ГДС). Сброс ГДС осуществляется поршневым дозатором с линейным электроприводом.

Математическая модель (ММ) блока потребления кислорода пользователем СИЗОД представляет собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений, описывающих изменение объемов и концентрации газов в ИЛ на фазе вдоха, изменение объема ГДС на фазе выдоха, потоки газов, поступающих в ИЛ [5].

В ММ динамики блока потребления кислорода входят неизвестные параметры (постоянная времени  $T$  и коэффициент передачи  $K_d$  линейного электропривода с поршневым дозатором), значения которых необходимо определить по результатам экспериментов.

В общем случае ММ может быть представлена в виде:

$$y = \mathbf{M}(x, \eta, \gamma, t),$$

где  $\mathbf{x}$  – вектор входных координат;  $\boldsymbol{\eta}$  – вектор идентифицируемых параметров;  $\boldsymbol{\gamma}$  – вектор параметров, заданных априорно;  $\mathbf{y}$  – вектор выходных переменных;  $t$  – время.

Идентификация ММ состоит из двух этапов: коррекции вектора  $\boldsymbol{\eta}$  и проверки адекватности откорректированной модели.

ММ объекта считается адекватной, если приведенная погрешность  $\varepsilon$  во всех экспериментах каждой из координат адекватности, в качестве которых выступают измеряемые выходные переменные  $y_j$ , не превышает заданного допустимого значения  $\varepsilon_{\text{доп},j}$ . Величина  $\varepsilon$  определяется как

$$\varepsilon_j = \max_{\tau} \frac{|y_j^p(\tau) - y_j^3(\tau)|}{\overline{y_j^3 - \underline{y_j^3}}},$$

где  $y_j^p, y_j^3$  – расчетное и экспериментальное значения соответствующей координаты адекватности  $y$  при одинаковых значениях входных параметров объекта;  $\overline{y_j^3}, \underline{y_j^3}$  – диапазон изменения  $j$ -й координаты адекватности.

Для ММ динамики блока потребления кислорода вектор входных координат имеет вид

$$\mathbf{x} = \{U, n, V_d, W_{CO_2}\},$$

где  $U$  – напряжение на линейном электроприводе, В;  $n$  – частота дыхания, 1/мин;  $V_d$  – глубина дыхания, дм<sup>3</sup>;  $W_{CO_2}$  – поток подачи CO<sub>2</sub>, имитирующего выделение человеком диоксида углерода, дм<sup>3</sup>/с.

Вектор выходных переменных имеет вид

$$\mathbf{y} = \{v, X_{\Pi}\},$$

где  $v$  – скорость движения штока линейного электродвигателя, м/с;  $X_{\Pi}$  – положение штока линейного электродвигателя, м.

Вектор идентифицируемых параметров  $\boldsymbol{\eta} = \{T, K_d\}$ .

Точность математической модели, будем оценивать по следующим величинам:

$$\varepsilon_1 = \max_{\zeta} \frac{|(\underline{v})_{\zeta}^p - (\underline{v})_{\zeta}^3|}{(\underline{v})^3 - (\underline{v})^3}, \quad \zeta = \overline{1, n_1}, \quad \varepsilon_2 = \max_{\zeta} \frac{|(X_{\Pi})_{\zeta}^p - (X_{\Pi})_{\zeta}^3|}{(X_{\Pi})^3 - (\underline{X}_{\Pi})^3}, \quad \zeta = \overline{1, n_2},$$

где  $(\underline{v})_{\zeta}^3$  – экспериментальное значение координаты адекватности в  $\zeta$ -й момент времени;  $(\underline{v})_{\zeta}^p$  – значение координаты адекватности, рассчитанное по модели в  $\zeta$ -й момент времени;  $(\overline{X_{\Pi}})^3$ ,  $(\underline{X_{\Pi}})^3$  – максимальное и минимальное значения координаты адекватности;  $n_1, n_2$  – количество измерений соответствующей координаты адекватности.

Определяется неотрицательная выпуклая функция:

$$F(\boldsymbol{\eta}) = \sum_{z=1}^Z \sum_{\zeta=1}^{n_1} \left( \frac{(\mathfrak{Q}(\boldsymbol{\eta}))_{\zeta z}^p - (\mathfrak{Q})_{\zeta z}^3}{(\mathfrak{Q})_z^3 - (\underline{\mathfrak{Q}})_z^3} \right)^2 + \sum_{z=1}^Z \sum_{\zeta=1}^{n_2} \left( \frac{(X_{\Pi}(\boldsymbol{\eta}))_{\zeta z}^p - (X_{\Pi})_{\zeta z}^3}{(X_{\Pi})_z^3 - (\underline{X_{\Pi}})_z^3} \right)^2,$$

где  $(\mathfrak{Q})_{\zeta z}^3$ ,  $(\mathfrak{Q}(\boldsymbol{\eta}))_{\zeta z}^p$  – экспериментальное и рассчитанное по модели значения координаты адекватности в  $\zeta$ -й момент времени в  $z$ -м эксперименте;  $(\overline{\mathfrak{Q}})_z^3$ ,  $(\underline{\mathfrak{Q}})_z^3$  – верхние и нижние границы изменения координаты адекватности в  $z$ -м эксперименте.

Коррекция ММ заключается в отыскании  $\boldsymbol{\eta}^* \in \mathbf{V}$  такого, что

$$\boldsymbol{\eta}^* = \underset{\boldsymbol{\eta} \in \mathbf{V}}{\operatorname{argmin}} F(\boldsymbol{\eta}). \quad (1)$$

В результате решения задачи (1) были найдены следующие значения неизвестных параметров  $K_{\text{д}}^* = 1,012 \text{ м/(В с}^2)$ ;  $T^* = 0,104 \text{ с}$ .

На рисунке 1 изображены расчетные  $\mathfrak{Q}^p$  и экспериментальные  $\mathfrak{Q}^3$  значения скорости движения штока линейного электропривода. На рисунке 2 изображены расчетные  $X_{\Pi}^p$  и экспериментальные  $X_{\Pi}^3$  значения положения штока линейного электропривода.

Сравнительный анализ полученных данных показывает, что ММ адекватна реальным процессам, и ошибка модели  $O_{\text{м}}$  составляет 1,3%.

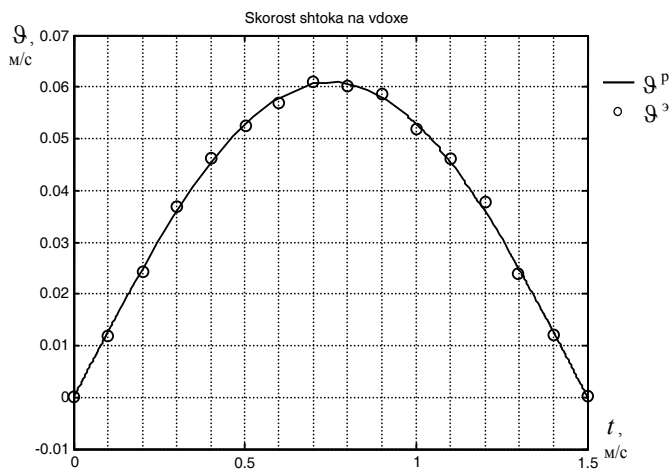


Рис. 1. Скорость движения штока линейного электропривода

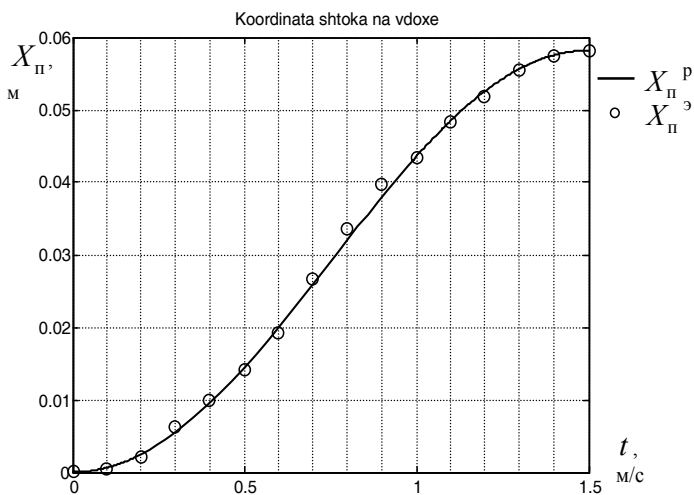


Рис. 2. Положение штока линейного электропривода

Таким образом, анализируя рис. 2, 3 и ошибку модели, можно утверждать, что точность ММ достаточна имитационного исследования процесса внешнего дыхания человека.

На рисунке 3 представлена упрощенная модель установки ИЛ, реализованная с помощью пакета моделирования динамических систем Matlab, – Simulink.

Система управления процессом имитации внешнего дыхания построена по двухконтурной схеме с ПИД-регулированием (PID Controller). Для управления заданной концентрацией диоксида углерода на выходе первый контур изменяет глубину дыхания, второй – изменяет частоту дыхания.

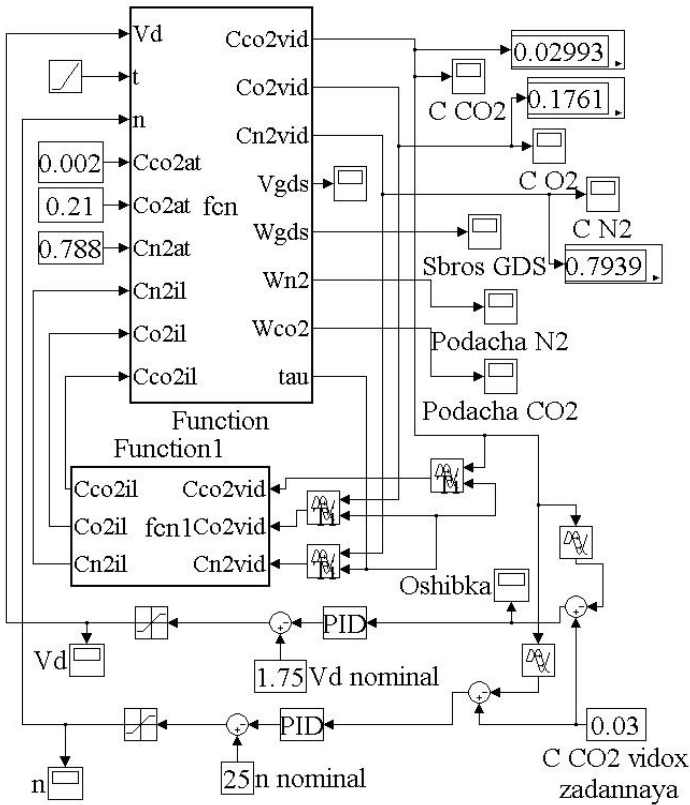
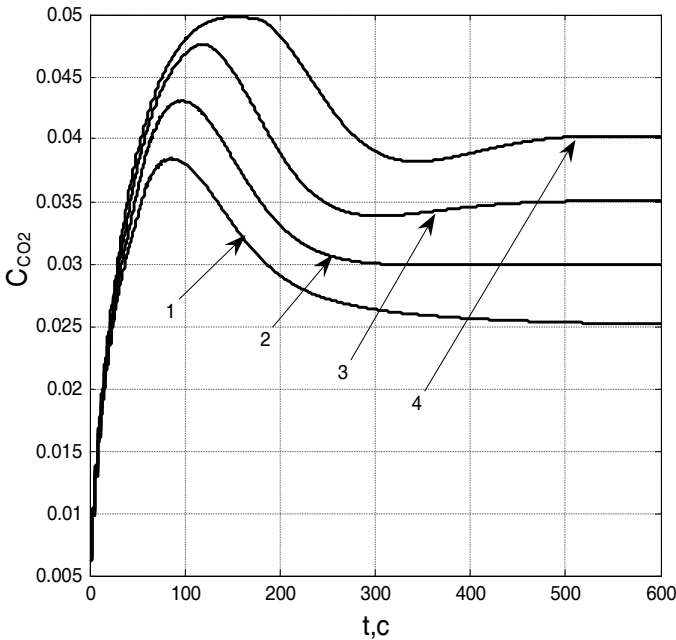


Рис. 3. Simulink-модель установки ИЛ



**Рис. 4. Концентрация  $CO_2$  в искусственных легких:**

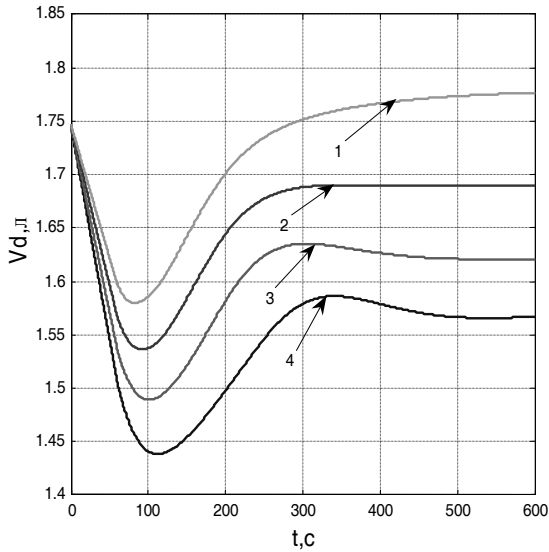
1 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,025$ ; 2 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,03$ ; 3 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,035$ ; 4 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,04$

На рисунках 4, 5 представлены результаты имитационного моделирования. Они характеризуют переходные режимы работы установки ИЛ для различных заданных концентраций диоксида углерода на входе в ИДА.

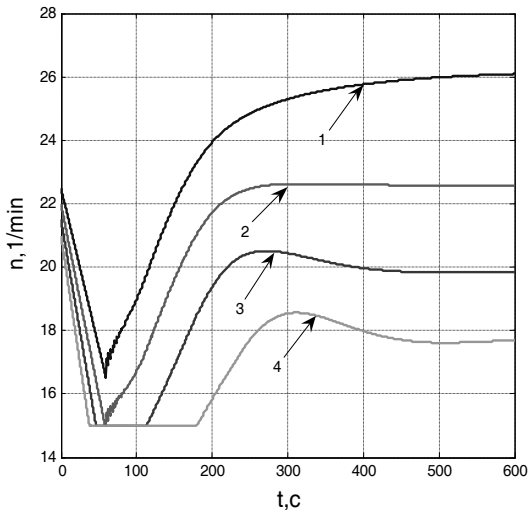
На рисунке 4 представлены кривые изменения концентрации диоксида углерода при выходе на режим установки ИЛ для различных заданных концентраций диоксида углерода.

На рисунке 5, а, б представлены управляющие воздействия, реализующие заданные концентрации диоксида углерода.

Полученные результаты могут быть использованы при принятии оптимальных проектных решений на всех этапах разработки и сопровождения ИЛ.



a)



b)

**Рис. 5. Управляющие воздействия:**

a – глубина дыхания  $V_d$ ; б – частота дыхания  $n$ ;

1 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,025$ ; 2 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,03$ ; 3 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,035$ ; 4 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,04$

### Библиографический список

1. Путин, С. Б. Принципы, модели и методы управления инновационными проектами при создании систем жизнеобеспечения и защиты человека : монография. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 132 с.
2. Диденко, Н. С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н. С. Диденко. – М. : Недра, 1990. – 158 с.
3. Гудков, С. В. Совершенствование методики испытания изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом / С. В. Гудков, Д. С. Дворецкий, А. Ю. Хромов // Вестник ТГТУ. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 589 – 597.
4. Хромов, А. Ю. Разработка испытательного стенда «искусственные легкие» для исследования изолирующих дыхательных аппаратов. Труды ТГТУ / А. Ю. Хромов, Е. Ю. Чулков – Тамбов : Издательство ТГТУ, 2009. – Вып. 22. – С. 187 – 191.
5. Погонин, В. А. Математическое моделирование дыхания человека / В. А. Погонин, П. М. Оневский, А. М. Иванов, Е. В. Шишов // Вестник ТГТУ. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 980 – 986.

### References

1. Putin, S. B. Principy, modeli i metody upravlenija innovacionnymi proektami pri sozdanii system zhizneobespechenija i zashhity cheloveka: monografija. – М. : Mashinostroenie-1, 2007. – 132 s.
2. Didenko, N. S. Regenerativnye respiratory dlja gornospasatel'nyh rabot / N. S. Didenko. – М. : Nedra. 1990. – 158 s.
3. Gudkov, S. V. Sovershenstvovanie metodiki ispytaniya izolirujushih dyhatel'nyh apparatov s himicheski svjazannym kislorodom / S. V. Gudkov, D. S. Dvoreckij, A. Ju. Hromov // Vestnik TGTU. – 2009. V. 15. – N 3. – S. 589 – 597.
4. Hromov, A. Ju. Razrabotka ispytatel'nogo stenda «iskusstvennye legkie» dlja issledovanija izolirujushih dyhatel'nyh apparatov. Trudy TGTU / A. Ju. Hromov, E. Ju. Chulkov – Tambov : Izdatel'stvo TGTU. 2009. – Vypusk 22. – S. 187 – 191.
5. Pogonin, V. A. Matematicheskoe modelirovanie dyhanija cheloveka / V. A. Pogonin, P. M. Onevskij, A. M. Ivanov, E. V. Shishov // Vestnik TGTU. – 2012. – V. 18. – N 4. – S. 980 – 986.



УДК 629.7.0

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**М. П. Оневский, Е. Ю. Барвалина, К. С. Василевский**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)631019, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)*

*Аннотация:* Приведено математическое описание процесса имитации внешнего дыхания человека, который реализуется в установке «Искусственные легкие».

*Ключевые слова:* имитация внешнего дыхания человека, моделирование, оптимальное управление.

*Abstract:* the mathematical description of the process simulate the breath of the person which is being implemented in the installation of «Artificial light».

*Keywords:* external breathing human simulation, modeling, optimal control.

Целью государственной политики в области защиты людей от поражающих факторов, имеющих химическую и биологическую природу, или техногенных угроз является обеспечение гарантированного уровня их безопасности. Вследствие чего разрабатываются новые средства индивидуальной защиты органов дыхания человека (СИЗ), включающие такие основные элементы, как маска, регенеративный патрон и др., требующие проведения испытаний как на стадии разработки, так и на стадии производства.

В настоящее время основным средством для проведения испытаний СИЗ, а также их отдельных компонентов являются установки «Искусственные легкие» (ИЛ). Анализ литературных источников показал, что на существующих установках ИЛ не воспроизводится влияние различных психофизиологических состояний человека, не учитываются изменения пневмотахограмм дыхания, дыхательного коэффициента и других факторов, влияющих на адекватность имитирующих процессов реальным.

Для изучения методов и подходов защиты органов дыхания, а также для использования в составе систем управления установкой ИЛ необходимы математические модели, описывающие процесс имитации дыхания человека. Анализ литературных источников показал, что существующие математические модели имеют ряд существенных недостатков: отсутствуют уравнения для определения объемов отдельных компонентов газовой дыхательной смеси (ГДС); пневмотахограммы дыхания представлены только в виде синусоидальной формы; не

учитывается динамика изменения объемов газов, удаляемых и возвращаемых в установку ИЛ, и возможность изменения дыхательного коэффициента, влияющего на ресурс регенеративного патрона.

Таким образом, в настоящее время весьма актуальным является разработка математической модели имитации внешнего дыхания человека на установке ИЛ, позволяющей адекватно учитывать: динамику внешнего дыхания человека, различные формы пневмотахограмм, возможность изменения дыхательного коэффициента и различные психофизиологические состояния человека.

Режим испытания задается следующими параметрами: глубиной дыхания  $V_d$  (дм<sup>3</sup>); частотой дыхания  $n$  (мин<sup>-1</sup>), легочной вентиляцией  $W_{\text{л}} = V_d n$  (дм<sup>3</sup>/мин) [1].

Объемная подача диоксида углерода в ходе всего испытания  $W_{CO_2}(0)$  (дм<sup>3</sup>/мин) имитирует выделение человеком диоксида углерода. Эта величина определяет начальную объемную долю диоксида углерода в выдыхаемой ГДС, обозначаемую как  $C_{CO_2}(0)$ , которая зависит от величины подачи диоксида углерода в начальный момент испытания и легочной вентиляции [2]:

$$C_{CO_2}(0) = \frac{W_{CO_2}(0)}{W_{\text{л}}}. \quad (1)$$

Начальная объемная доля диоксида углерода регистрируется на линии выдоха установки ИЛ, пока к нему не подключен индивидуальный дыхательный аппарат (ИДА), который необходимо испытать или протестировать.

Для составления баланса по диоксиду углерода необходимо учитывать, что в блок имитации дыхания поступают два потока  $CO_2$  – с постоянной объемной скоростью  $W_{CO_2}(0)$  из баллона и с переменной объемной скоростью в составе ГДС с линии вдоха, а удаляется из имитатора один поток по линии выдоха.

Разделив эти потоки на величину легочной вентиляции, получаем

$$C_{CO_2}(0) + C_{CO_2}^{\text{вд}} = C_{CO_2}^{\text{ввд}}. \quad (2)$$

Важное значение для имитации дыхания является правильное воспроизводство дыхательного коэффициента  $K_d$ , который определяет уровень потребления кислорода человеком, а при испытаниях на установке ИЛ задается режимом испытаний. В последнем случае

$$K_d = W_{CO_2}(0)/W_{O_2}, \quad (3)$$

где  $W_{O_2}$ , дм<sup>3</sup>/мин – объем кислорода, который следует удалить из установки ИЛ в единицу времени. Отсюда величина сброса кислорода

$W_{O_2}$  (дм<sup>3</sup>/мин) из ИЛ определяется из соотношения подачи диоксида углерода в начальный момент и коэффициента дыхания:

$$W_{O_2} = W_{CO_2}(0) / K_d. \quad (4)$$

В процессе испытаний на установке ИЛ измеряются объемные доли двух компонентов – кислорода и диоксида углерода, причем объемная доля кислорода ( $C_{O_2}^{вд}$ ) измеряется во вдыхаемой ГДС после холодильника, а объемная доля диоксида углерода ( $C_{CO_2}^{ввд}$ ) – в выдыхаемой ГДС после увлажнителя. Объемная доля азота в ГДС рассчитывается исходя из допущения, что в контуре циркулирует трехкомпонентная смесь CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>. Следовательно, объемная доля азота во вдыхаемой ГДС

$$C_{N_2}^{вд} = 1 - C_{CO_2}^{вд} - C_{O_2}^{вд}. \quad (5)$$

Аналогично,

$$C_{N_2}^{ввд} = 1 - C_{CO_2}^{ввд} - C_{O_2}^{ввд}. \quad (6)$$

На основании принятых допущений рассчитывается количество ГДС, которое необходимо удалить на фазе вдоха ( $W_{ГДС}$ , дм<sup>3</sup>/мин) для обеспечения удаления из системы требуемого объема и массы кислорода:

$$W_{ГДС} = W_{O_2} / C_{O_2}^{вд}. \quad (7)$$

Однако вместе с кислородом из системы удаляется также азот и диоксид углерода. Объемный расход азота и диоксида углерода, которые удаляются из установки вместе с расчетным количеством кислорода для обеспечения имитации потребления кислорода, определяется исходя из их объемных долей в сбрасываемой ГДС:

$$W_{ГДС}(N_2) = C_{N_2}^{вд} W_{ГДС}, \quad (8)$$

где  $W_{ГДС}(N_2)$  – сброс азота из ИЛ, дм<sup>3</sup>/мин;

$$W_{ГДС}(CO_2) = C_{CO_2}^{вд} W_{ГДС}, \quad (9)$$

где  $W_{ГДС}(CO_2)$  – сброс диоксида углерода из ИЛ, дм<sup>3</sup>/мин.

Указанные объемы CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> необходимо вернуть в систему для сохранения материального баланса по этим газам, как это происходит при реальном использовании ИДА человеком. Расчет количества диоксида углерода и азота, которые необходимо подать в систему ведется на ос-

новании уравнений материального баланса: это позволяет рассчитать количество отбора ГДС из системы, количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ , которые необходимо вернуть в систему для различных режимов испытаний ИДА.

Таким образом, для полной имитации потребления кислорода из системы необходимо удалять ГДС с объемным расходом [2].

$$W_{\text{ГДС}} = W_{\text{O}_2} / C_{\text{O}_2}^{\text{вд}} = W_{\text{CO}_2} (0) / (K_{\text{д}} C_{\text{O}_2}^{\text{вд}}). \quad (10)$$

Зависимости (2) – (10) позволяют разработать математическое описание динамических процессов в ИЛ, имитирующих различные пневмотахограммы дыхания, уровни потребления кислорода, что обусловлено возможными психофизиологическими состояниями человека.

Отметим, что газовые потоки в установке ИЛ модулируются пневмотахограммами дыхания (синусоидальная, треугольная, трапецеидальная), являющимися в данном случае модулирующими функциями. В качестве модулятора выступает привод имитатора дыхания, задающий частоту, глубину и вид пневмотахограммы дыхания.

Модулирующая функция для синусоидальной пневмотахограммы  $F^{\text{sin}}$ , трапецеидальной (треугольной), например для вдоха  $F_{\text{вд}}^{\text{TP}}$ , задаются соответственно выражениями:

$$F^{\text{sin}} = \pi \sin(2\pi n t);$$

$$F_{\text{вд}}^{\text{TP}} = \begin{cases} h(t - t_{\text{инц}})/t_1 & \text{при } t \leq t_{\text{инц}} + t_1; \\ h & \text{при } t_{\text{инц}} + t_1 < t < t_{\text{инц}} + t_2; \\ h(t_1 - 1)[t - (t_{\text{инц}} + t_2)]/t_1 & \text{при } t \geq t_{\text{инц}} + t_2. \end{cases}$$

Приведем ряд соотношений математической модели для изменения объемов газов на фазе вдоха, например, при реализации синусоидальной пневмотахограммы дыхания:

а) объемы вдыхаемых газов:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_{\text{CO}_2}^{\text{ИЛ}}}{dt} &= W_{\text{CO}_2}^{\text{ИЛ}} \cdot F^{\text{sin}}; \\ \frac{dV_{\text{O}_2}^{\text{ИЛ}}}{dt} &= W_{\text{O}_2}^{\text{ИЛ}} \cdot F^{\text{sin}}; \\ \frac{dV_{\text{N}_2}^{\text{ИЛ}}}{dt} &= W_{\text{N}_2}^{\text{ИЛ}} \cdot F^{\text{sin}}; \end{aligned} \right\}$$

б) объем сброса ГДС:  $V_{\text{ГДС}} = S_{\text{П}} X_{\text{П}}$ ,

где  $X_{\Pi}$  определяется из уравнений:

$$\frac{X_{\Pi}}{dt} = \frac{1}{S_{\Pi}} W_{ГДС} F^{\sin};$$

$$X_{\Pi}^{\min} \leq X_{\Pi} \leq X_{\Pi}^{\max}, \left| \dot{X}_{\Pi} \right| \leq \dot{X}_{\Pi}^{\max};$$

изменение концентрации газов в ИЛ на выдохе:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} C_{CO_2}^{ИЛ} &= [(W_{CO_2}(0) + W_{CO_2}^{ИЛ}) \cdot (V_{O_2} K_{Д} + V_{ИЛ} + V_{ГДС}^{ВД}) - \\ &\quad - (V_{O_2} K_{Д} + C_{CO_2}^{(0)} V_{ИЛ} + V_{CO_2}^{ИЛ}) \cdot (W_{CO_2}(0) + W_{CO_2}^{ИЛ} + \\ &\quad + W_{O_2}^{ИЛ} + W_{N_2}^{ИЛ})] \cdot F^{\sin} / (V_{O_2} K_{Д} + V_{ИЛ} + V_{ГДС}^{ВД})^2; \\ \frac{d}{dt} C_{O_2}^{ИЛ} &= [W_{O_2}^{ИЛ} \cdot (V_{O_2} K_{Д} + V_{ИЛ} + V_{ГДС}^{ВД}) - (C_{O_2}^{(0)} V_{ИЛ} + V_{O_2}^{ИЛ}) \times \\ &\quad \times (W_{CO_2}(0) + W_{CO_2}^{ИЛ} + W_{O_2}^{ИЛ} + W_{N_2}^{ИЛ})] \times \\ &\quad \times F^{\sin} / (V_{O_2} K_{Д} + V_{ИЛ} + V_{ГДС}^{ВД})^2; \\ \frac{d}{dt} C_{N_2}^{ИЛ} &= -\frac{d}{dt} C_{CO_2}^{ИЛ} - \frac{d}{dt} C_{O_2}^{ИЛ}. \end{aligned} \right\}$$

изменение объема ГДС на выдохе при реализации синусоидальной пневмотахограммы:

$$\frac{dV_{ГДС}^{выд}}{dt} = V_{Д} n \cdot F^{\sin};$$

потоки газов, поступающих в блок имитации дыхания ИЛ для схемы с имитацией потребления кислорода по массе и объему (дм<sup>3</sup>/мин):

$$\left. \begin{aligned} W_{CO_2}^{ИЛ} &= C_{CO_2}^{6\partial} \cdot V_{Д} \cdot n; \\ W_{O_2}^{ИЛ} &= C_{O_2}^{6\partial} \cdot V_{Д} \cdot n - W_{O_2}; \\ W_{N_2}^{ИЛ} &= C_{N_2}^{6\partial} \cdot V_{Д} \cdot n. \end{aligned} \right\}$$

где  $W_{CO_2}(0)$  – поток подачи диоксида углерода (имитация выделения CO<sub>2</sub> легкими) (дм<sup>3</sup>/мин);  $W_{ГДС} = W_{CO_2}(0) / (K_{Д} \cdot C_{O_2}^{ВД})$  – поток сброса

ГДС ( $\text{дм}^3/\text{мин}$ );  $S_{\text{П}}$  – площадь поршня поршневого дозатора отбора ГДС ( $\text{дм}^2$ );  $W_{N_2} = C_{N_2}^{\text{вд}} \cdot W_{\text{ГДС}}$  – поток возврата  $N_2$  на вдохе из баллона ( $\text{дм}^3/\text{мин}$ );  $W_{CO_2} = C_{CO_2}^{\text{вд}} \cdot W_{\text{ГДС}}$  – поток возврата  $CO_2$  на вдохе из баллона ( $\text{дм}^3/\text{мин}$ );  $W_{O_2} = W_{CO_2}(0) / K_{\text{Д}}$  – поток потребления  $O_2$  легкими ( $\text{дм}^3/\text{мин}$ );  $\mu_1, \mu_2$  – степени открытия клапанов подачи  $CO_2$  и  $N_2$  соответственно;  $P_{CO_2}^{\text{бал}}$ ,  $P_{N_2}^{\text{бал}}$  – давление  $CO_2$  и  $N_2$  в баллонах (Па);  $K_{\text{Д}}$  – коэффициент дыхания;  $C_{CO_2}^{\text{вд}}$ ,  $C_{O_2}^{\text{вд}}$ ,  $C_{N_2}^{\text{вд}}$  – концентрации вдыхаемых газов;  $\rho$  – плотность ГДС в ИЛ ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $V_{\text{ИЛ}}$  – объем системы ИЛ ( $\text{дм}^3$ );  $V_{\text{д}}$  – глубина дыхания ( $\text{дм}^3$ ).

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В. А. Погонина*

### Библиографический список

1. ГОСТ 12.4.220–2001. «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели). Общие технические требования. Методы испытаний».
2. Гудков, С. В. Совершенствование методики испытания изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом / С. В. Гудков, Д. С. Дворецкий, А. Ю. Хромов // Вестник ТГТУ. 2009. – Т. 15, № 3. – С. 589 – 597.
3. Диденко, Н. С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н. С. Диденко. – М. : Недра, 1984. – 168 с.

### References

1. GOST 12.4.220–2001. «Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva individualnoi zaschiti organov dihaniya. Apparati izoliruyuschie avtonomnie s himicheski svyazannim kislorodom \_samospasateli,. Obschie tehnicheckie trebovaniya. Metodi ispitaniij».
2. Gudkov, S. V. Sovershenstvovanie metodiki ispitaniya izoliruyuschih dihatelnih apparatov s himicheski svyazannim kislorodom / S. V. Gudkov, D. S. Dvoreckii, A. Yu. Hromov // Vestnik TGTU. – 2009. V. 15, N 3. – S. 589 – 597.
3. Didenko, N. S. Regenerativnie respiratori dlya gornospasatelnih rabot. – M. : Nedra, 1984. – 168 s.

# **НАНОИНЖЕНЕРИЯ**

УДК 536.21

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН**

**О. А. Медведева, А. В. Гришин, Н. Ф. Майникова**

*Тамбовский Государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89537042618, e-mail: teplotehnika@nnt.tstu.ru)*

*Аннотация:* В проекте описаны объекты теплофизических испытаний, схема измерительной системы. Приведены: тепловая схема, конструкция измерительной ячейки, методика проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных, полученных с помощью измерительной системы. В проекте получены экспериментальные температурные зависимости теплопроводности композитов на основе полипропилена и углеродных нановолокон.

*Abstract:* In the project objects of heatphysical tests, the scheme of measuring system are described. Are provided: the thermal scheme, a design of a measuring cell, a technique of carrying out experiment and processing of the experimental data obtained by means of measuring system. In the project experimental temperature dependences of heat conductivity of composites on the basis of polypropylene and carbon nanofibres are received.

*Ключевые слова:* полипропилен, нановолокна, композит, теплопроводность.

*Keywords:* polypropylene, nanofibres, composite, the thermal conductivity.

Разработка новых композиционных материалов, компоненты которых существенно отличаются по свойствам, а их сочетание дает весьма полезный синергетический эффект, актуальна. Получение, исследование свойств и применение полимерных нанокомпозитов в качестве функциональных материалов перспективно [1].

Следует отметить большое разнообразие композитов, которые можно получать, наполняя полимерные матрицы углеродными нановолокнами (УНВ). Роль УНВ в композитах на полимерной основе может быть многообразной.

Во-первых, УНВ придают полимерам жесткость. Во-вторых, УНВ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повыша-



ет прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. В-третьих, УНВ повышают удельные характеристики значений прочности и жесткости композитов, т.е. заметное улучшение свойств достигается при меньших по сравнению с другими наполнителями количествах вводимых УНВ [2].

Целью данной работы являлось исследование температурных зависимостей теплопроводности композиционных материалов на основе полипропилена (ПП) и УНВ.

Полипропилен является одним из наиболее дешевых и доступных среди полимеров, применяемых в технике. Как термопласт технического назначения, наполненный полипропилен выдерживает конкуренцию с другими полимерами, так как обладает высокой термостойкостью, низким водопоглощением и хорошими диэлектрическими характеристиками.

В работе были использованы углеродные нановолокна, полученные по методу, описанному в работе [1]. Для регулирования взаимодействия и улучшения совместимости ПП с волокном применен модификатор – олигооксипропиленгликоль [2].

Экспериментально проведено две серии опытов.

Первая серия опытов проводилась с образцами полипропилена, наполненного углеродными волокнами по следующей технологии.

Полимер в форме гранул, наполнитель (порошкообразный) и модификатор (маслянистая жидкость) помещали в емкость при интенсивном перемешивании с помощью мешалки. Затем смесь загружалась в бункер экструдера. В результате экструдирования смеси получали стренги, которые охлаждали в воде и подвергали ножевому гранулированию.

Во второй серии опытов для улучшения распределения малых количеств наполнителя в полимере использована обработка ультразвуком. Предварительно перемешивали модификатор с нанонаполнителем. Полученная паста подвергалась ультразвуковой обработке в течение 10 минут (с помощью погружного ультразвукового диспергатора марки «МОД МЭФ 91» с интенсивностью ультразвукового воздействия до  $250 \text{ Вт/см}^2$ ). Затем данную пасту смешивали с гранулами полипропилена.

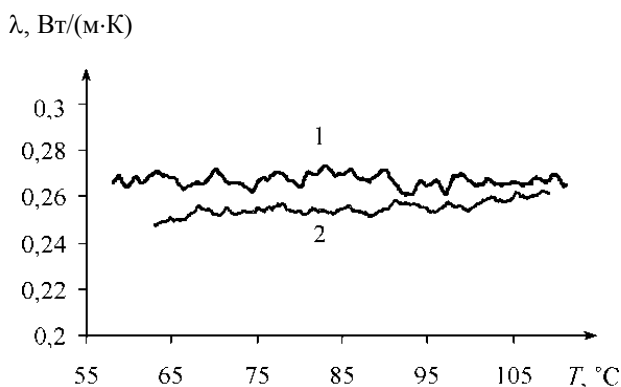
Температурные зависимости теплопроводности полимерных композиционных материалов, содержащих УНВ, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы температуры [3].

Для измерения теплопроводности в измерительной системе используется метод динамического  $\lambda$ -калориметра.

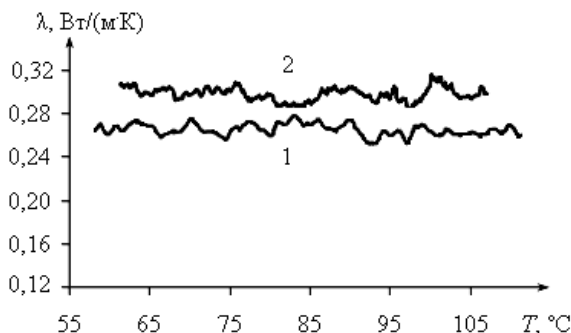
Измерительная система построена в результате существенной модернизации измерителя теплопроводности ИТ-400. Сигналы с термопар подаются на выходы аналого-цифровой платы PSI – 1202Н. Плата имеет программно-управляемый усилитель сигналов, что позволяет изменять диапазон подаваемого напряжения. Термостатирование адиабатической оболочки реализуется программным обеспечением (ПО) системы через выходные каналы ЦАП платы. Напряжение питания основного электрического нагревателя измерительной ячейки обеспечивает соблюдение условий установившегося теплового режима второго рода при разогреве образца. Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе ПП от температуры представлены на рис. 1, 2. Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

В первой серии опытов наполнение ПП углеродными нановолокнами в количестве 1% масс. несколько снижает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры (70...110 °С), фактически не меняя характера зависимости.

Несмотря на высокую теплопроводность отдельных углеродных волокон, входящих в состав материала, теплопроводность композитов, полученных с их помощью, снижается. Причиной этого могут быть:



**Рис. 1.** Зависимость теплопроводности полипропилена (1) и композита из полипропилена с углеродными нановолокнами (2). УЗ-обработка не применялась



**Рис. 2.** Зависимость теплопроводности полипропилена (1) и композита из полипропилена с углеродными волокнами (2). Применена УЗ-обработка

способность УНВ поглощать газообразные и жидкие вещества (воздух, олигомеры), неравномерное распределение углеродных нанонаполнителей в полимерной матрице.

Температурная зависимость теплопроводности ПП, полученного с применением УЗ-обработки, представлена на рис. 2.

Наполнение ПП нановолокнами в количестве 1% масс. при применении УЗ-обработки несколько повышает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры (55... 110 °C), не меняя характера зависимости.

Учитывая высокую теплопроводность углеродного волокна, входящего в состав материала, теплопроводность композита, полученного с его помощью, повышается.

Таким образом, задача создания методов распределения углеродных нановолокон в полимерных материалах в настоящее время остается актуальной. Применение, например, ультразвуковой обработки существенно улучшает диспергирование УНВ в полимерной матрице. Следует учитывать также, что степень однородности композиционных материалов, содержащих УНВ, существенно зависит от их концентрации. При малых концентрациях легче достигается высокая степень однородности материала, поскольку при этом удастся диспергировать жгуты и агрегаты, содержащие УНВ. Свойства материалов, содержащих нанонаполнители, могут быть также усилены за счет применения дополнительных манипуляций с УНВ.

### Библиографический список

1. Раков, Э. Г. Непрерывный процесс получения углеродных нановолокон / Э. Г. Раков, С. Н. Блинов, И. Г. Иванов, Е. В. Ракова, Н. Г. Дигуров // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т. 77. – № 2. – С. 193 – 196.

2. Шитов, Д. Ю. Композиционные материалы на основе полипропилена с углеродными наполнителями / Д. Ю. Шитов, Т. П. Кравченко, В. С. Осипчик, Э. Г. Раков // Пластические массы. – 2013. – № 3. – С. 29 – 32.

3. Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпосидных углепластиков / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, В. С. Осипчик и др. // Пластические массы. – № 9–10. – 2014. – С. 35 – 37.

### References

1. Rakov E. G. Nprerivnyy protsess polucheniya uglerodnykh nanovolonok / E. G. Rakov, S. N. Blinov, I. G. Ivanov, Ye. V. Rakova, N. G. Digu-rov // Zhurnal prikladnoy khimii. – 2004. – T. 77. – N 2. – S. 193 – 196.

2. Shitov, D. YU. Kompozitsionnyye materialy na osnove polipropilena s uglerodnymi napolnitelyami / D. YU. Shitov, T. P. Kravchenko, V. S. Osipchik, E. G. Rakov // Plasticheskiye massy. – 2013. – N 3. – S. 29 – 32.

3. Issledovaniye temperaturenykh zavisimostey teploprovodnosti epoxidnykh ugleplastikov / N. F. Maynikova, S. S. Nikulin, V. S. Osipchikidr // Plasticheskiye massy. – N 9 – 10. – 2014. – S. 35 – 37.

УДК 536.21

### ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

**А. В. Гришин, О. А. Медведева, Н. Ф. Майникова**

*Тамбовский Государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89005121270, e-mail: teplotehnika@nnt.tstu.ru)*

*Аннотация:* В проекте описаны объекты теплофизических испытаний, схема измерительной системы. Приведены: тепловая схема, конструкция измерительной ячейки, методика проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных, полученных с помощью измерительной системы.

В проекте получены экспериментальные температурные зависимости теплопроводности композитов на основе полипропилена и углеродных нанотрубок.

*Abstract:* In the project objects of heat physical tests, the scheme of measuring system are described. Are provided: the thermal scheme, a design of a measuring cell, a technique of carrying out experiment and processing of the experimental data obtained by means of measuring system.

In the project experimental temperature dependences of heat conductivity of composites on the basis of polypropylene and carbon nanotubes are received.

*Ключевые слова:* полипропилен, нанотрубки, композит, теплопроводность.

*Keywords:* polypropylene nanotube composite, the thermal conductivity.

В современном материаловедении все больше внимания уделяют нанонаполнителям композиционных материалов. Это связано с широкими возможностями регулирования свойств веществ без изменения их состава за счет проявления размерных эффектов, которые влияют на электронные, термические, механические, электрические, магнитные, оптические и другие свойства наполнителя и сказываются на свойствах наноматериалов.

К основным особенностям углеродных нанотрубок (УНТ), которые проявляются в композитах, можно отнести способность к различной укладке, полифункциональность, возможность изменения свойств вследствие химического модифицирования, неприменимость распространенных методов консолидации частиц, склонность к образованию сrostков между собой и проявляющееся в ряде нанокомпозитов структурирующее действие УНТ на прилегающие слои материала матрицы [1]. УНТ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. УНТ придают полимерам жесткость и повышают удельные характеристики значений прочности композитов, заметное улучшение свойств достигается при меньших по сравнению с другими наполнителями количествах вводимых УНТ. По способности увеличивать жесткость и ударную вязкость УНТ превосходят углеродные волокна. При хаотичном расположении УНТ модуль упругости композита мало возрастает по сравнению с модулем упругости исходного полимера, а функционализация и ориентированная укладка УНТ приводят к лучшим результатам [2].

Целью данной работы являлось исследование температурной зависимости теплопроводности композиционного материала на основе полипропилена (ПП), наполненного углеродными нанотрубками.

Известна работа, где детально исследуются физико-механические свойства композита, представляющего собой полипропилен с добавле-

нием УНТ [2]. Использовали ПП марки 01030, применяемый для литьевых и экструзионных изделий. Углеродные нанотрубки (УНТ) получены на катализаторе [1].

Для регулирования взаимодействия и улучшения совместимости ПП с нанотрубками применяли олигооксипропиленгликоль. Предварительно компаундирование компонентов осуществляли в специальном смесителе с использованием ультразвукового диспергатора МОД МЭФ 91 [2]. Смешение компонентов осуществляли в двухшнековом экструдере со смесительными секциями при температуре 170...200 °С.

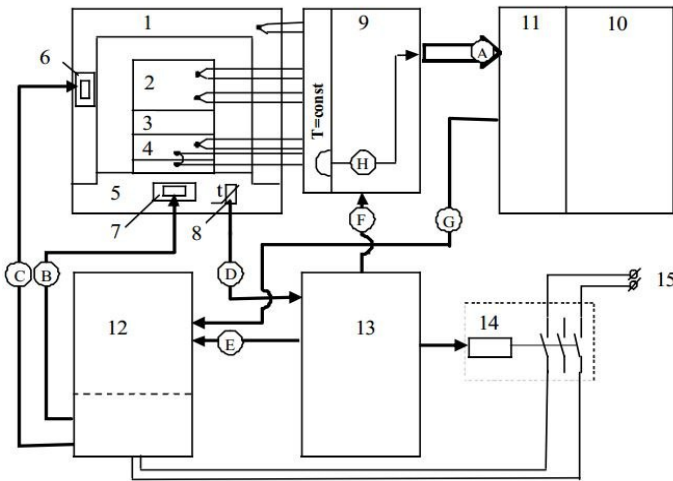
Температурные зависимости теплопроводности исходного полипропилена и полипропилена, содержащего 0,1% масс. УНТ, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы времени [3].

Схема измерительной системы представлена на рис. 1. Ядром ИС является измерительная ячейка, которая состоит из адиабатной оболочки 1, основания 5, тепломера и стержня 2, между которыми устанавливается испытуемый образец 3. Чувствительными элементами ИС являются термопары, холодные спаи которых припаяны к входам блока холодных спаев 9. Входы блока термостатированы массивным алюминиевым блоком, температура которого определяется встроенным в него датчиком с потенциальным выходом. Сигнал Н от датчика, а также сигналы А от термопар поступают на вход АЦП/ЦАП платы 11 компьютера 10. Компенсация температуры холодных спаев производится программным обеспечением ИС.

Управление процессом измерения осуществляется разработанным ПО. Разработанная программа обрабатывает данные, поступающие с термопар ИС. Управление процессом нагрева осуществляется за счет изменения мощности, выделяемой нагревателями 6 и 7.

С целью защиты ИЯ от перегрева в состав ИС включен блок аппаратной защиты и коммутации 13. Основной частью блока является реле, реагирующее на сигнал D от датчика температуры 8 и защищающее ИЯ от перегрева. Блок реализует алгоритм коммутации посредством релейной части, а также управляет силовым реле 14, подключающим блок питания и регулирования к сети 15.

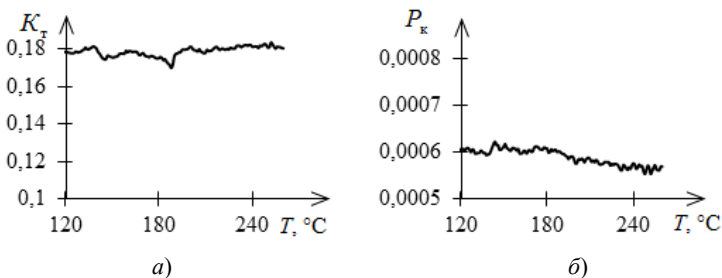
Калибровку ИС проводили по аттестованным образцам (стекло КВ, стекло ТФ-1, медь) с определением таких констант, как коэффициент преобразования тепломера и поправки на величину контактных термических сопротивлений между образцом и поверхностью тепломера.



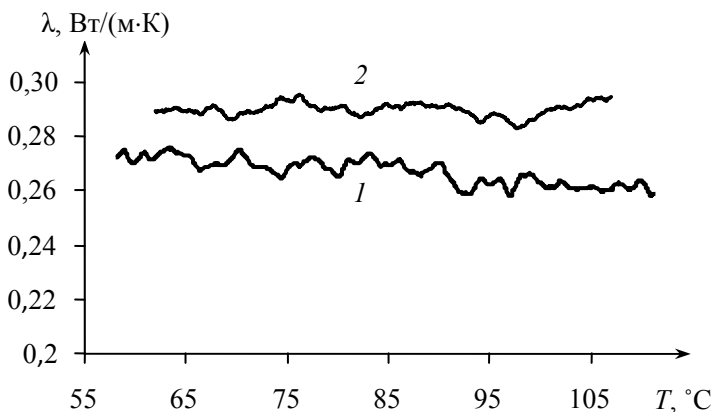
**Рис. 1. Схема измерительной системы:**

1 – адиабатная оболочка; 2 – стержень; 3 – образец; 4 – термомер;  
 5 – основание; 6 – нагреватель оболочки; 7 – нагреватель основания;  
 8 – датчик температуры; 9 – блок холодных спаев; 11 – плата АЦП/ЦАП;  
 12 – блок питания и регулирования; 13 – блок аппаратной защиты и коммутации;  
 14 – реле; 15 – сеть; А – измерительные сигналы термопар; В – питание нагревателя основания; С – питание нагревателя оболочки; D – сигнал от датчика температуры основания; Е – питание блока питания и регулирования;  
 F – питание блока холодных спаев; G – сигнал, управляющий нагревом;  
 H – сигнал с датчика температуры холодных спаев термопар

Графики зависимостей градуировочных постоянных измерителя  $K_T$  и  $P_K$  от температуры стержня, полученные по приведенной выше методике, показаны на рис. 2.



**Рис. 2. Графики зависимостей постоянных  $K_T$  (а) и  $P_K$  (б) измерительной системы от температуры стержня**



**Рис. 3. Зависимость теплопроводности полипропилена (1) и композита из полипропилена с углеродными нанотрубками (2)**

Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе ПП с наполнителем УНТ (0,1% масс.) от температуры представлены на рисунке. Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение ПП углеродными нанотрубками в количестве 0,1%, учитывая высокую теплопроводность отдельных углеродных нанотрубок, входящих в состав композита, несколько повышает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры (55...110 °С), фактически не меняя характера зависимости.

### Библиографический список

1. Шитов, Д. Ю. Композиционные материалы на основе полипропилена с углеродными наполнителями / Д. Ю. Шитов, Т. П. Кравченко, В. С. Осипчик, Э. Г. Раков // Пластические массы . – 2013. – № 3. – С. 29 – 32.

1. Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, В. С. Осипчик и др. // Пластические массы. – № 9–10. – 2014. – С. 35 – 37.

### References

1. Shitov, D. U. Compozitsionnye nuyye materialy na osnove polipropilena s uglirodnyimi napolnitelyami / D. U. Shitov, T. P. Kravchenko, V. S. Osipchik, E. G. Rakov // Plasticheskiye massy. – 2013. – N 3. – S. 29 – 32.

2. Issledovaniye temperaturnykh zavisimostey teploprovodnosti epoksidnykh ugleplastikov / N. F. Maynikova, S. S. Nikulin, V. S. Osipchik i dr // Plasticheskiye massy. – N 9–10. – 2014. – S. 35 – 37.



**ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО  
И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

УДК 678

## **БИОРАЗЛАГАЕМАЯ УПАКОВКА – АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ УПАКОВОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ**

**Я. Н. Татарникова**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752) 63-51-74, e-mail: polymers@asp.tstu.ru)*

*Аннотация:* Альтернативность традиционным синтетическим полимерам и перспективность биоразлагаемых материалов отмечают многие отечественные и зарубежные исследователи. В настоящее время на мировом рынке полимерных материалов биоразлагаемые полимеры составляют очень небольшую часть, что в скором времени измениться. Необходимо, чтобы вся упаковка с небольшим сроком эксплуатации была разлагаемой. Срок разложения конечного изделия можно регулировать, поэтому для каждого конкретного изделия можно использовать специальную модификацию добавки.

*Abstract:* Alternative to traditional synthetic polymers and prospects of biodegradable materials is marked by many domestic and foreign researchers. Currently, the global market for plastics biodegradable polymers comprise a very small portion of that will soon change. It is necessary that the entire package with a short period of operation was decomposed. The term degradation of the final product can be adjusted, so for each product, you can use a special modification additives.

*Ключевые слова:* синтетические полимеры, биоразлагаемые полимеры, биоразлагаемые материалы.

*Keywords:* synthetic polymers, biodegradable polymers, biodegradable materials.

Альтернативность традиционным синтетическим полимерам и перспективность биоразлагаемых материалов отмечают многие отечественные и зарубежные исследователи. В настоящее время на мировом рынке полимерных материалов биоразлагаемые полимеры составляют очень небольшую часть, что в большей степени связано с их стоимостью, которая превышает стоимость традиционных термопластов в 2 – 10 раз), но ряд исследователей прогнозируют в дальнейшем значительное повышение спроса на этот вид полимеров.

Спектр использования биоразлагаемых материалов охватывает многие отрасли промышленности. Биоразлагаемые материалы уже

внедрены во многих странах ЕС, а ограниченное использование в основном связано с тем, что биополимеры в настоящее время дороже традиционных синтетических полимеров, но снижение цены возможно при увеличении мощности производства.

Область применения биоразлагаемых полимерных материалов – изделия, вторичная переработка которых невозможна или нерентабельна (мешки для мусора, одноразовая посуда и т.д.)

Классификация биоразлагаемых упаковочных материалов.

Общее разделение биоматериалов в зависимости от видов используемого сырья представлено на рис. 1.

В настоящее время не существует строго определенной классификации биоразлагаемых полимеров. Ассортимент и технологии их изготовления постоянно пополняются новыми материалами и совершенствуются.

В работе предложена классификация по химическому составу материала:

- полиэфиры гидроксикарбоновых кислот;
- полимеры на основе природных полисахаридов;
- смеси синтетических и природных полимеров.

Классифицированы три основных направления:

- получение композиций с биоразлагаемыми природными добавками (композиции ПЭ с крахмалом и другими биоразлагаемыми добавками);
- направленный синтез биоразлагаемых пластических масс на основе промышленно-освоенных синтетических продуктов (синтез соответствующих ПЭТФ и полиэфирамидов);
- введение в структуру биоразлагаемых полимеров молекул, содержащих в своем составе функциональные группы, способствующие ускоренному фоторазложению полимера.

Предложена классификация полимеров, способных к биодеструкции, по способу получения:

- синтез биоразлагаемых полимерных материалов, имеющих химическую структуру, сходную со структурой природных полимеров;
- получение сополимеров, в молекулярные цепи которых входят легко;
- разрушающиеся под действием микроорганизмов химические связи;
- создание композиций, содержащих, кроме высокомолекулярной основы, органические наполнители;
- термопластичный алифатический полиэфир (ПГБ).

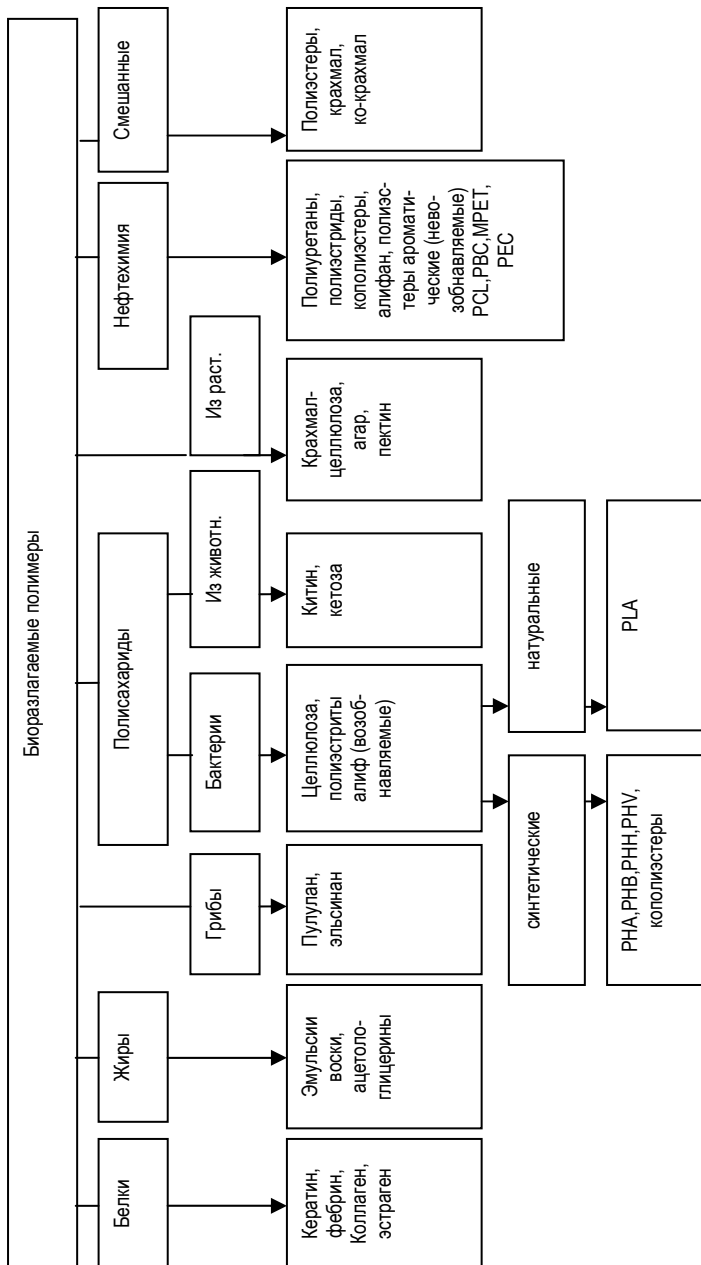


Рис. 1. Классификация биоразлагаемых полимеров

Многообразие разработок в области получения биоразлагаемых полимеров за последнее время требует расширения их классификации и конкретизации каждого направления.

Выделяют также две большие группы биополимеров – оксо-биоразлагаемые и гидробиоразлагаемые.

Гидроразлагаемые биополимеры – это полимеры, полученные на основе растительного сырья, а также на основе указанной выше молочной кислоты. К этой группе можно отнести и синтетические пластики – полиэтилен, полипропилен, которые содержат специальные добавки (например, крахмал) и трансформируются в разлагаемые продукты реакцией гидролиза без доступа кислорода. Особенностью таких пластиков является то, что в процессе их разложения выделяется газ метан [9].

Оксо-разлагаемые полимеры – полимеры, в состав которых входят добавки, способствующие разложению материала при участии воздуха.

Процесс разложения биополимеров в зависимости от их вида представлен на рис. 2.

Существуют две основные категории биоразлагаемой упаковки:

- упаковка, сделанная из полиэтилена с добавлением биоразлагаемых элементов. Она изготавливается путем введения биodeградирующей добавки в традиционное сырье. Как правило, такая упаковка дороже полимерной на 10...15%.

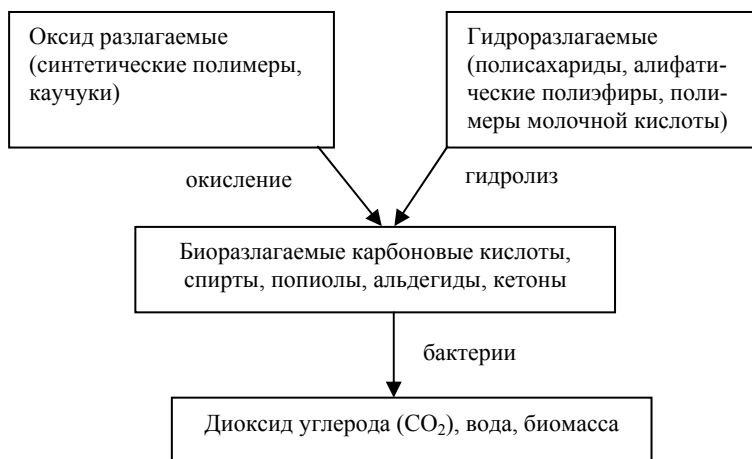


Рис. 2. Особенности разложения биополимеров в зависимости от их вида

- упаковка, содержащая 100% биоразлагаемого органического материала. Изготавливается преимущественно из сахарного тростника или кукурузы. Этот полимер полностью разлагается при воздействии микроорганизмов. Является экологически безопасным упаковочным материалом.

В зависимости от материала выделяют следующие виды биоразлагаемой упаковки.

Упаковка на основе сополимера этилена и винилацетата, в качестве биodeградируемого компонента используется крахмал, который быстро разлагается под действием воды и микроорганизмов, не загрязняя почвы. Для разрушения данного вида упаковки были предложены эффективные микроорганизмы–биодеструкторы.

Композиция полистирола с крахмалом или целлюлозой (используется для выпуска пищевой упаковки и сельскохозяйственной пленки). Такой материал за 50 дней разрушается на 50% и практически полностью – за 80 дней.

Сополимер оксibuтирата и оксивалерата – полиоксиалканoатов, которые по физическо-химическим свойствам сходны с полиэтиленом и полипропиленом, но характеризующиеся способностью к биodeградации. К примеру, для термопластичного биополимера полиоксибутирата созданы водородокисляющие микроорганизмы – водородные бактерии.

Материалы на основе поливинилового спирта – разлагаются в горячей и холодной воде.

Полимеры на основе казеина (молочного белка) – полностью разрушаются при компостировании в течение 45 дней. Эколин (мелкополиолефиновая упаковка) – получают из полиэтилена или полипропилена с добавлением минеральных наполнителей (известняк, доломит). Содержание наполнителя в композите может составлять до 50%. Преимущества материала – нетоксичность, меньший расход нефтепродуктов, дешевое минеральное сырье.

Упаковочный материал на основе кукурузы – используют как пищевую упаковку: бутылки, пищевую пленку.

Следует отметить, что эколин не является биоразлагаемым в классическом понимании, однако из-за его высоких экологических свойств этот материал часто ассоциируют с биоразлагаемыми пластиками. Перспективным в производстве упаковки является сырье из кукурузы. В настоящее время из нее изготавливают разнообразную упаковку, в том числе и бутылки, а также пленку, которую помимо пищевой промышленности возможно использовать в других отраслях. По-

добные упаковочные материалы даже при сжигании не выделяют вредных веществ.

Интерес представляет и биогенная упаковка, которую можно изготовить из следующих материалов:

- древесной массы, образуемой из отходов при прочистке леса;
- отходов пищевой промышленности (например, яблочных выжимок);

- водорослей: на их основе изготавливается поропласт, который легко компостируется или подвергается вторичной переработке, например, с макулатурой. Было установлено, что сине-зеленые водоросли, или цианобактерии, способны синтезировать целлюлозу, которую можно использовать как биodeградируемую добавку;

- молочного белка (казеина) – получают водонепроницаемую пленку, которую можно наносить на пищевой продукт. Такая упаковка имеет достаточно хорошие барьерные качества, т.е. защищает продукт от механических, атмосферных и других неблагоприятных условий. Ламинированный пленочный казеин используется для упаковки йогуртов. В состав казеина можно вводить витамины, антиоксиданты, ароматизаторы для улучшения питательных свойств и увеличения срока хранения. Такие упаковки называют «активными», так как они принимают непосредственное участие в производстве продукта.

Необходимо, чтобы вся упаковка с небольшим сроком эксплуатации была разлагаемой.

Срок разложения конечного изделия можно регулировать, поэтому для каждого конкретного изделия можно использовать специальную модификацию добавки. При этом обязательно надо учитывать регион распространения продукции, потому что разлагаемые упаковки в условиях крайнего севера и на юге будут иметь различные сроки разложения.

В этом вопросе Россия должна выбрать свой путь и следовать по нему. Какой это будет путь – предугадать сложно.

### **Библиографический список**

1. Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.

### **References**

1. Klinkov, A. S. Disposal and recycling of polymer materials / A. S. Klinkov, P. S. Belyaev, M. Sokolov. – Tambov : CWA Univ VPO «TSTU», 2012. – 80 s.

# **РУССКАЯ ФИЛОЛОГИЯ**



УДК 40

## ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ АРАБСКИХ СТУДЕНТОВ НА ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ

**Х. Д. Альшинайинн, З. Аль-Судани, Б. М. Альтавиль**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)999999, e-mail: author1@tstu.ru)*

*Аннотация:* Рассматриваются некоторые аспекты изучения русского языка арабскими студентами, обучающимися на технических специальностях. Анализируются характерные грамматические ошибки, допускаемые студентами в устной и письменной речи при конструировании различных типов простых безличных предложений.

*Abstract:* Some aspects of the study of the Russian language Arab students studying in technical specialties. Analyzes the characteristic grammatical mistakes made by students in speech and writing in the design of various types of simple impersonal sentences.

*Ключевые слова:* простое безличное предложение, грамматическая структура предложения, однокомпонентные и двухкомпонентные предложения.

*Keywords:* simple impersonal sentences, grammatical structure of the sentence, one-component and two-component supply.

Изучение иностранного языка начинается со знакомства с простыми предложениями, так как объяснение любой грамматической темы зиждется на синтаксической основе – «в предложении и через предложение, посредством его» [1]. Различия в грамматической структуре предложений в неродственных языках могут быть большими, как, например, в структурных схемах предложения русского и арабского языков. Все структурные схемы простого предложения русского языка бывают двухкомпонентными и однокомпонентными. В русском языке все двухкомпонентные предложения делятся на две группы: предложения со спрягаемой формой глагола и предложения без спрягаемой формы глагола.

Рассмотрим характерные ошибки в построении некоторых типов простого безличного предложения, допускаемые студентами первого года обучения. Кроме ошибок, ведущих к нарушению самой структуры предложения, встречаются ошибки в координации подлежащего и сказуемого. В именных предложениях русского языка имеет место

координация подлежащего и сказуемого в роде и числе. То же самое можно отметить и в отношении аналогичных предложений арабского языка. Но нужно иметь в виду следующее: если подлежащее в именных предложениях арабского языка выражено именем существительным неодушевленным в форме множественного числа, то сказуемое, выраженное прилагательным или причастием, будет стоять в форме единственного числа женского рода независимо от рода подлежащего: «Эти книги хорошие» – «хазихи алкутубу хасанатун» – дословно «Эта книга хорошая». Если подлежащее – имя собирательное, относящееся к существам разумным, то сказуемое может стоять в форме множественного числа. Пример такой ошибки: «Моя семья бедные».

При выражении подлежащего указательным местоимением «это» в арабском языке в аналогичных предложениях наблюдается полная координация подлежащего и сказуемого в роде и числе: «Это студент» – «хаза талибун», «Это студентка» – «хазихи талибун», «Это студенты» – «хаулаи туллабун», «Это книга» – «хазихи кутубун». «Хаза» – этот, «хазихи» – эта, а также «эти» для существительных неодушевленных во множественном числе, «хаулаи» – эти для существительных, обозначающих разумных существ. Влиянием арабского языка объясняются ошибки типа «Эта моя родина, я должен ее защищать».

Особо надо отметить те случаи, когда в позиции подлежащего выступают такие субстантивированные прилагательные, как «самое главное», «самое первое», «основное» и т.п. Необходимо помнить, что в русском языке такие субстантивированные прилагательные всегда имеют форму среднего рода.

В арабском языке категория среднего рода отсутствует. Арабские учащиеся в предложениях с любым порядком слов координацию подлежащего и сказуемого осуществляют по роду существительного-подлежащего. Отсюда и ошибки: «Учеба – самая важная для нас, но когда мы будем на родине, самым важным для нас будет работа» («работа» в арабском языке мужского рода); «Писатель – это человек который пишет для людей. И главный для него талант».

Изучая именные предложения студентам-арабам необходимо учитывать и другие проявления интерференции. Так, в арабском языке в именном предложении подлежащее и сказуемое находятся в разных состояниях. Подлежащее, как правило, стоит в определенном состоянии, показателем определенности является артикль «ал». Сказуемое же находится в неопределенном состоянии, показатель неопределенности – отсутствие артикля «ал» и согласный «н» в окончаниях существительных. Но встречаются случаи, когда сказуемое по своему значению должно стоять в определенном состоянии. В таких случаях для выра-

жения значения предикативности используется разделительное местоимение «он» (хууа), которое является местоименной связкой. Именно интерференцией объясняются ошибки типа «Мой брат он мой лучший друг».

Отрицание в именном предложении в арабском языке также имеет свои особенности. В русском языке отрицательная частица «не» не влияет на форму сказуемого. В арабском языке для выражения отрицания в именном предложении используются частицы «лайса», «ма», после которых имя ставится в форме винительного падежа, как после глаголов-связок. Отрицательная частица «лайса» по происхождению является глаголом, что объясняет следующие ошибки у арабских студентов: «Мой брат не инженера, он только рабочий»; «Он сказал что он не мальчика». Не зная этой особенности арабского языка, преподаватель не останавливается специально на особенностях структуры отрицательных именных предложений русского языка. И если не объяснить, что отрицание в русском языке не влияет на форму сказуемого в таких предложениях, то не всегда вопросов-ответов – «Он аспирант?» – «Нет, он не аспирант» – оказывается достаточно для того, чтобы в будущем не появились подобные ошибки.

В русском языке структурные схемы простого предложения могут быть представлены в различных реализациях. Одной из таких реализаций может быть замещение позиции одного главного члена именного предложения целым предложением. Грамматика современного русского литературного языка приводит такой пример: «Работники деканата – можно о каждом сказать хорошее». Но в русском языке такие предложения конституционно обусловлены, они не являются нормой, встречаются не часто.

На первом году обучения студенты знакомятся с предложениями, в которых наиболее распространена субъектная детерминация «кому?» «Мне холодно» – присутствует субъект и обстоятельственная детерминация «где», «когда?» «В комнате холодно», «Сегодня холодно» – субъект отсутствует. Предложения этой схемы широко распространены в русском языке. Впервые они рассматриваются при изучении значений дательного падежа, хотя с некоторыми из них, преимущественно с предложениями, передающими бессубъектное состояние, студенты встречаются гораздо раньше «Сегодня тепло», «В комнате холодно» и т.д. Традиционная грамматика рассматривает их как безличные предложения. В арабском языке наречия образа действия, отвечающие за вопрос «как?», в предложениях не могут выступать в качестве предикатов. Предложения этой схемы чужды грамматическому строю арабского языка. Лексическое значение их передается в арабском язы-

ке в каждом конкретном случае по-разному, с помощью предложений различной структуры.

Рассмотрим предложения с предикативами, обозначающими состояние человека: «Мне грустно» – (ана хазинун) – «Я грустный» или (инди хузун) – «У меня грусть» или (ахзану) – «Я грущу» или (аш ару би-л-хузни) – «Я чувствую грусть». «Мне трудно» (анна мункабиду анафси) – «Я угнетен душой» или (индии су убатун) – «У меня трудности». «Мне радостно» (ана масрурун) – «Я веселый» или (аша ру би-сурурин) – «Я чувствую радость». «Мне хорошо» (анна аш ару нафси би-хайрин) – «Я чувствую себя в благополучии». «Ему холодно» – (хууа барданун) – «Он мерзнувший». «Мне тепло» – (аш ару би-д-дафа ати) – «Я чувствую тепло». «Ему плохо» – (хууа мутауа икун) – «Он чувствующий недомогание» и др.

Если в предложении используются предикативы, указывающие на бессубъектное состояние, то для выражения соответствующих значений в арабском языке мы находим также предложения разных структурных схем: «В комнате холодно» (фи-л-гурфати бардун) – «В комнате холод» или (ал-гурфату баридатун) – «Комната холодная». «Сегодня холодно» – (ат-таксу(ал-джауу) баридун ал-йаума) – «Погода (воздух) холодная сегодня». «В комнате шумно» – (фи-л-гурфати дадж-джатун) – «В комнате шум». «В комнате уютно» (ал-гурфату мурихатун) – «Комната уютная». «Здесь уютно» – (хуна рахатун манзилийатун) – «Здесь домашний уют». «Сегодня тихо» – (ат-таксу ал-йаума хади ун) – «Погода сегодня тихая». «Сегодня тепло» – (ал-джауу дафийун ал-йаума) – «Воздух теплый сегодня». «Уже темно» – (тузлиму ад-дунйа) – «Темнеет мир» или (азлаMAT ад-ду-нийа) «Потемнел мир». «Сегодня ясно» – (ас-сама у сафийатун ал-айума) – «Небо ясное сегодня» и др.

Мы видим, что чаще всего значения русских безличных предложений с предикативами, обозначающими состояние человека, передаются в арабском языке с помощью двухкомпонентных подлежащно-сказуемых предложений именного типа «Мне грустно» – «Я грустный»; «Мне холодно» – «Я мерзнувший»; «Мне трудно» – «Я угнетен»; «Мне весело» – «Я веселый»; «Мне страшно» – «Я боящийся» и т.п. Но такое соотношение не всегда выдержано, может быть и «У меня грусть», «Я грущу». Свобода выбора схем очень конкретна в каждом отдельном случае.

Значения предложений с предикативами, обозначающими состояния природы, могут передаваться как двухкомпонентными именными предложениями, так и однокомпонентными назывными предложениями: «В комнате холодно» – «Комната холодная» или «В комнате

холод». Выбор предложения той или иной схемы в арабском языке иногда зависит от характера обстоятельственного детерминанта, пространственного или временного.

Рассмотрим предложения без спрягаемой формы глагола. Это безличные и назывные, или номинативные предложения по квалификации традиционной грамматики. Ошибки, которые встречаются у студентов в таких предложениях, можно объяснить явлением вторичной интерференции, когда студенты смешивают правила построения предложений разных схем, в результате чего возникает нарушение их структурной организации. Например, предложение типа «Нужно заниматься». В позиции первого компонента выступает предикатив с модальным значением необходимости, возможности, невозможности действия, в позиции второго компонента – инфинитив.

С такими предложениями студенты широко знакомятся при изучении дательного падежа. В арабском языке им соответствуют предложения, где на месте первого компонента выступают также слова с модальными значениями, представляющие собой застывшие глагольные формы или прилагательные-причастия с предлогом «мин» («из»): «можно» – «юмкину», «мин-ал-мумкини» («из возможного»), «мин-ал-мустатаи» («из возможного»); «надо», «нужно» – «йаджибу», «йалзаму», «йанбаги»; «необходимо» – «йаджибу», «мин-ад-дарурийи» («из необходимого»), «мин-ал-лазими» («из нужного»); «нельзя» – «ла юмкину», «лайса мин-ал-мумкини» («не из возможного»), «гайру мумкини». [2] В последнем случае используются слова, аналогичные русскому «можно» с отрицательными частицами «ла», «лайса», «гайру», поэтому арабские учащиеся вместо «нельзя» часто говорят «не можно». После этих слов на месте второго компонента (инфинитива в русских предложениях) в аналогичных предложениях арабского языка используется глагол в форме сослагательного наклонения с частицей «'ан» перед ним. Формы сослагательного наклонения в современном арабском разговорном языке адекватны формам настоящего времени (и те и другие потеряли окончания). Специальная частица сослагательного наклонения «'ан», по значению соответствует русскому союзу «чтобы». Субъективному детерминанту – дательному падежу русского языка в арабском языке нет адекватных форм выражения. Значение лица может быть выражено слитным местоимением, присоединяемым к глагольной форме, что соответствует русскому винительному падежу, или же предложной формой в зависимости от управления этого модального глагольного слова: «ему можно» – «юмкинуху 'ан...» («можно его, чтобы ...»); «нам нужно ...» – «яджибу 'алайна 'ан...»

(«должно на нас, чтобы ...»). Если вместо формы сослагательного наклонения используется масдар (имя действия), то он стоит в форме именительного падежа: «Тебе можно войти» – «юмкинука 'ад-духулу» (юмкину – можно; -ка – слитное местоимение второго лица – «тебе», «тебя»; 'ад-духулу – вход). – «Вход возможен тебе». При отнесенности действия к прошедшему или будущему времени используются формы глагола «кана» (быть) в неизменяемом варианте – в форме мужского рода единственного числа, поэтому в работах арабских студентов встречаются следующие характерные ошибки. Вместо инфинитива используются формы настоящего времени. Вместо дательного падежа – именительный: «В каком журнале можно прочитаем ваш рассказ?»; «Где мы можно прочитаем ваши рассказы или стихи?»; «Он сказал ему: «Ты надо поедет сыну в больницу». «Он думал, как он можно выберет специальность»; «Он сказал ему: «Вам нужно работаете»; «Он надо ждет»; «Ему надо ждет»; «Преподаватель сказал ему, что нужно он работает один год, потом можно он поступает в университет»; «Врачи советовали ему, что он надо изменяет работать» и т.д. Именительный падеж на месте субъектного детерминанта «кому?» встречается также и в предложениях с инфинитивом в позиции второго компонента: «Он нельзя полететь»; «Он надо поехать с сыном в больницу»; «Семья решила, что сын надо получить образование»; «Ты надо продолжать учиться»; «Ребенок надо быть в больнице»; «Он нужно работать там»; «Когда он знал, что он можно учиться в Москве, он был очень рад»; «Мы надо быть отличниками» и др. Иногда вместо субъектного детерминанта «кому?» студент использует «для кого?»: «В то время нельзя для женщин, чтобы работать как инженеры на заводе». В русском языке в некоторых случаях возможна замена дательного падежа «кому?» родительным «для кого?» («для меня невозможно...»). Но во избежание ошибок на первом этапе обучения не следует останавливаться на таких случаях. Иногда вместо инфинитива встречаются формы прошедшего времени глагола, иногда вместо «можно было» используется, как и в арабском языке, форма мужского рода «был» – «Началась мирная жизнь, теперь ему можно подумал об учебе»; «Теперь можно был подумать об учебе»; «У него болит сердце, он нельзя полетел»; «Он надо поехал в больницу» и др. Много ошибок у арабских студентов вызвано неразличением форм: «должен» и «надо»; «может» и «можно»; «нужен и «нужно», «надо». Это идет и от влияния арабского языка.

В русском языке слова «должен» и «надо» употребляются в предложениях разных структурных схем. В арабском языке этим словам

соответствует одно слово «яджибу» и схема предложений одна. Отсюда возникают ошибки, поскольку студент смешивает две структурные схемы русских предложений. «Вашему товарищу должен отвечает на уроке»; «Ему должен был много заниматься»; «Через два года ему должно было защищать диссертацию»; «Они говорили, что должен ему получить образование»; «Каким должен быть специалист? Надо специалист быть грамотный и квалифицированный» и т.п.

Смешение спрягаемых форм глагола «мочь» и модального предикатива «можно» встречается редко, так как и в арабском языке они используются в предложениях разных структурных схем. При изучении значений дательного падежа в безличных предложениях обычно для лучшего закрепления материала привлекаются для сравнения предложения типа «Вам можно идти домой» – «Вы можете идти домой». Важно помнить, что семантика слова «можно» включает в себя не только значение возможности, но и разрешения действия («Здесь можно курить» – «Здесь разрешается курить»).

Больше всего ошибок встречается в употреблении слов «нужен» «нужный» и «нужно», «надо». Смешение кратких форм прилагательных и модального предикатива вызвано сходством написания и произношения слов и сходством в их значения. Об этом свидетельствуют такие ошибки: «Ему было нужно врач»; «Им надо повар»; «Они сказали ему, что на заводе им необходимо этот прибор»; «Этот прибор нужно заводам»; «Никому не нужно этот прибор»; «Все деньги, которые они получили, надо было на лечение»; «Ему нужно было ясная голова»; «На севере нужно было фельдшеры»; «В то время им надо было врачи»; «Операция была не нужно»; «Сыну надо больница» и др. Во избежание ошибок в конструкциях такого типа можно проделать работу по сопоставлению предложений разных структурных схем с общими моментами. Эта работа очень конкретна. Объяснив общие закономерности и отработав формы дательного падежа, полезно сопоставить предложения с предикативами «надо», «нужно», «необходимо» с предложениями с кратким прилагательным «должен» в позиции сказуемого, а затем с предложениями с кратким прилагательным «нужен» и обратить внимание на синтаксические различия в построении предложений. И, наконец, нужно сопоставить безличные предложения с предикативом «можно» с предложениями схемы с глаголом «мочь» в позиции сказуемого.

Многим предикативам в арабском языке можно найти соответствия в виде прилагательных-причастий в пассивной или активной форме «возможный» – «мумкинун», «необходимый» – «дарурийун»,

«нужный» – «лазимун» и д.р. Слову «видно» в арабском языке соответствует слово «видимый» («мар'иййун»), слову «слышно» – «слышимый» («масму'ун») и т.п. «Видно дома» – дословно: «Дома видимы»; «Слышно голоса» – «Голоса слышимы». При наличии субъектного детерминанта «кому?» в русских предложениях их аналоги в арабском языке будут представлять собой глагольные предложения: «Нам видно дома» – «Мы видим дома»; «Ей слышно музыку» – «Она слышит музыку». Предложения с модальными предикативами переводятся на арабский язык также личными предложениями: «Ей нужно врача» – «Ей (для нее) нужен врач». Такие предложения не изучаются на данном этапе обучения, хотя они активно используются в разговорной речи. «Тебе нужно хлеба?»; «Мне нужно молока»; «У нее болит горло, ее нельзя холодного молока» и т.п. Не зная, что в таких предложениях используется винительный или родительный падеж, они смешивают эти предложения с предложениями других схем, в результате возникают ошибки: «Ей нужно врач» и т.п.

Рассмотрены не все типы простых безличных предложений, конструирование которых вызывает у студентов значительные затруднения, так как не все виды безличных предложений входят в программу первого года обучения русскому языку арабских студентов, обучающихся на технических специальностях.

Работа выполнена под руководством доцента кафедры «Русская филология» Л. А. Шаховой.

### Библиографический список

1. Этова, Р. А. Сопоставительный анализ грамматических систем русского и арабского языков. Синтаксис простого предложения / Р. А. Этова. – М.: Издательство Университета дружбы народов, 1989. – 58 с.
2. Гранде, Б. М. Курс арабской грамматики в сравнительно-историческом освещении / Б. М. Гранде. – М.: Издательство Университета дружбы народов, 1983. – 478 с.

### References

1. Etova, R. A. Sopotavitel'nii analiz grammaticheskikh sistem russkogo i arabskogo yazykov. Sintaksis prostogo predlozheniya. – M.: Izdatelstvo Universiteta drujbi narodov, 1989. – 58 s.
2. Grande, B. M. Kurs arabskoi grammatiki v sravnitelno istoricheskom osveschenii. – M.: Izdatelstvo Universiteta drujbi narodov, 1983. – 478 s.



# **ЭКОНОМИКА**

УДК: 332.14

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА МЕЗОУРОВНЕ

А. С. Епифанцева

*Астраханский государственный технический университет, Россия,  
Астрахань (Тел. +79648866036, e-mail: anastasiyaepifantseva@gmail.com)*

*Аннотация:* В статье дается оценка рисков реализации политики импортозамещения в Астраханской области. Рассмотрены сильные и слабые стороны развития территории. Особое внимание уделено возможностям и перспективам социально-экономического развития города, определены перспективные направления импортозамещения в Астраханской области.

*Abstract:* The article assesses the risks of policy implementation of import substitution in the Astrakhan region. The strengths and weaknesses of the territory. Particular attention is given to the possibilities and prospects of socio-economic development of the city, perspective directions import substitution in the Astrakhan region.

*Ключевые слова:* импортозамещение, риск, Астраханская область, продовольственная безопасность, АПК.

*Keywords:* import substitution, risk, Astrakhan region, food security, agriculture.

Введение санкций против России обусловило необходимость высокого роста производства. По данным статистики, в январе 2015 года импорт товаров из дальнего зарубежья сократился более чем на 40% (это если сравнивать с январем прошлого года). Однако для современной России тема импортозамещения продуктов, технологий не нова. По мнению специалистов, данный процесс начался уже после девальвации 1998 года, когда в корзине потребителя продукция отечественных производителей стала постепенно вытеснять импортные товары. В 2013 году об импортозамещении стали говорить как о реальном средстве, которое способно вывести страну из стагнации. В связи с этим актуальность данной темы на современном этапе является очевидной.

Цель научно-исследовательской работы – изучить влияние продовольственного эмбарго в России, идентифицировать риски импортозамещения в регионе и выявить перспективные направления для импортозамещающих производств в Астраханской области с учетом национально-отраслевых и региональных особенностей.

Реализация данной цели обусловила необходимость решения следующих задач:

- уточнить сущность экономической категории «импортозамещение»;
- провести сравнительный анализ функционирования импортозамещающих программ, выделить основные тенденции в процессе эволюции импортозамещения в странах СНГ и дальнего зарубежья;
- идентифицировать риски импортозамещения;
- определить производственные ниши в обрабатывающей промышленности Астраханской области, перспективные для развития импортозамещающих производств.

В ходе научного исследования использовались следующие общенаучные методы и приемы: анализ, синтез, индукция, дедукция, методы обобщения, сравнительного анализа и группировки.

Объект исследования – Астраханская область.

Предмет исследования – импортозамещение в Астраханской области.

Научная новизна исследования состоит во всестороннем анализе формирования импортозамещения в Астраханской области с учетом опыта зарубежных стран и российской специфики.

Результаты данного исследования могут быть использованы производственными и управленческими структурами Астраханской области при принятии решений по развитию производства и рационализации импорта.

Сегодня в Астраханской области успешно справляются с задачей импортозамещения такие отрасли, как сельское хозяйство и пищевая промышленность. Подтверждением этому служит то, что Астраханская область заняла 1-е место в России по сбору овощебахчевой продукции. Но проблемой в импортозамещении продукции сельского хозяйства является семеноводство. В настоящее время более 70% семян ввозится из-за рубежа.

5 марта 2015 года в Министерстве экономического развития подвели итоги 2014 года и обсудили планы по развитию экономики региона. Министр экономического развития Элина Полянская выступила с докладом об итогах развития региональной экономики в 2014 году и целевых ориентирах на предстоящий период: «Программа импортозамещения, девальвация рубля запустили двигатель ускорения реализации проектов в обрабатывающей промышленности. В итоге производство пищевых продуктов впервые за 3 года обеспечило положительную динамику. Более чем в 2,6 раза увеличилось производство стеновых блоков и на 60% изделий стекловолокна. Темпы роста валово-

вого регионального продукта в 3 раза превысили аналогичный показатель валового внутреннего продукта» [4].

Наибольшую долю в импорте товаров в Астраханской области в 2014 году составили: машины, оборудование и транспортные средства – 26,7%, металлы и изделия из них – 15,5%, с/х сырье и продовольственные товары – 12,4% [1].

В данный момент правительство Астраханской области занято выбором производственных ниш в обрабатывающей промышленности, перспективных для развития импортозамещающих производств. Для их определения необходимо тщательно изучить минерально-сырьевую базу, географические особенности, производственную инфраструктуру Астраханской области.

Наиболее перспективным сегментом импортозамещения на национальном рынке является продукция традиционной отрасли региона – производство товарной рыбы и рыбных консервов.

В настоящее время в Астраханской области сосредоточено около 60% всех предприятий рыбохозяйственного комплекса и не менее 70% крупных перерабатывающих заводов прикаспийского региона. В 2013 году отмечено значительное увеличение объемов производства продукции рыболовства, рыбоводства более чем в 2 раза. Основной прирост объемов продукции отмечается в производстве живой рыбы в 4,7 раза.

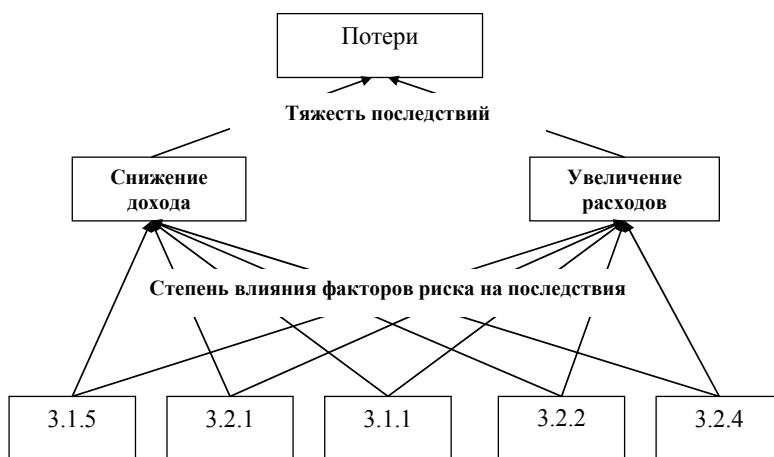
Проведенный анализ показал, что в Астраханской области следует развивать следующие направления, перспективные для импортозамещающих производств:

- агропромышленный комплекс (в частности – рыбное хозяйство, селекция и семеноводство, овощеводство);
- газоперерабатывающая промышленность на основе отечественных технологий;
- производство нефтегазового оборудования;
- корпусное судостроение.

В результате нами была построена иерархия, приведенная на рис. 1.

Таким образом, проведенное исследование показало, что в связи со сформировавшейся политической ситуацией, правительство создает благоприятные условия для формирования и расширения российского рынка.

Подводя итог сказанному, хочется отметить, что политика импортозамещения не предполагает полного отказа от импорта. Определенные высокотехнологичные импортные товары заменять сейчас пока невозможно. Важно учесть, что при осуществлении программы следует направлять усилия на развитие приоритетных направлений, которые будут обеспечивать потребность рынка в конкурентоспособных товарах высокого качества, которые будут аналогичны импортируемому в регион.



**Рис. 1. Иерархическая структура процесса формирования потерь, вызванных проявлением факторов риска**

### **Библиографический список**

1. Астраханский центр координации поддержки экспорта [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.ackpe.ru/>
2. Красильников, С. Импорту в России придется сдать свои позиции // ТАСС – информационное агентство России от 06.06.2014 [Электронный ресурс]. – URL:<http://tass.ru/>
3. Министерство международных и внешнеэкономических связей Астраханской области [Электронный ресурс]. – URL:<http://mid.astrobtl.ru/>
4. Министерство промышленности, транспорта и природных ресурсов Астраханской области [Электронный ресурс]. – URL:<http://mptpr.astrobtl.ru>.
5. Территориальный орган Федеральной службы статистики по Астраханской области [Электронный ресурс]. – URL:<http://astrastat.gks.ru/>

### **References**

1. Astrakhan Coordination Centre support exports [electronic resource]. – URL: <http://www.ackpe.ru/>
2. Krasilnikov imports in Russia will have to surrender their position // TASS – Russian Information Agency on 06.06.2014 [electronic resource]. – URL: <http://tass.ru/>
3. The Ministry of international and foreign economic relations of the Astrakhan region [electronic resource]. – URL: <http://mid.astrobtl.ru/>
4. The Ministry of Industry, Transport and Natural Resources of the Astrakhan region [electronic resource]. – URL: <http://mptpr.astrobtl.ru>
5. The territorial body of the Federal Statistics Service of the Astrakhan region [electronic resource]. – URL: <http://astrastat.gks.ru/>

УДК 339

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КРЫМА: ВКЛЮЧЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИИ

**О. В. Чумакова**

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донского государственного технического университета,  
Россия, Шахты,  
(Тел. 89612868393, e-mail: oksana.chumakova.1994@mail.ru)*

*Аннотация:* Данная статья посвящена анализу процесса интеграции Республики Крым и города Севастополь в Российское экономическое пространство. Анализируя риски и перспективы развития региона, авторы акцентируют внимание на возникшие временные трудности социально-экономического характера, связанные с переходом Крыма в российскую юрисдикцию, и пути их преодоления. Опираясь на конкурентные преимущества Крыма, авторы представили основные положения, которые должны лечь в основу стратегии развития республики, предложили форму экономической модели, применение которой позволит преодолеть структурные деформации и сформировать систему, способную достойно отвечать на текущие вызовы и безболезненно преодолеть нависшие проблемы интеграции Крыма.

*Abstract:* This article analyzes the integration process of the Republic of Crimea and Sevastopol in the Russian economic space. Analyzing risks and prospects of development of the region, the authors emphasize encountered temporary difficulties of socio-economic nature related to the transfer of the Crimea to Russian jurisdiction, and ways to overcome them. Relying on competitive advantages of the Crimea, the authors presented the main points that should form the basis of the development strategy of the Republic, proposed a form of the economic model, the application of which will allow to overcome the structural deformation and form a system that can adequately respond to current challenges and painlessly overcome the impending challenges to the integration of Crimea.

*Ключевые слова:* Республика Крым, интеграция, экономическая модель, модернизация, инвестиции.

*Keywords:* Republic of Crimea, integration, economic model, modernization, investments.

События последнего года в России позволили основательно пересмотреть ключевые моменты вектора экономического развития и инвестиционной привлекательности отдельных регионов Российской

Федерации. С недавнего времени на административно-территориальной карте появился новый субъект – Республика Крым. Присоединение – свершившееся волеизъявление крымчан и не подлежащее изменению, а, соответственно, должно быть принято как нечто должное. На сегодняшний день общественным мнением явно не оценен масштаб «важного включения», т.е. представленность и результативность поступательного развития экономики Крыма и инициативных социально-экономических преобразований. Если сделать основной акцент на поиск возможностей по консолидации усилий, направленных на предложения по изменению, корректировке экономической модели развития Крыма, то с успехом возможно преодоление серьезных экономических проблем, с которыми на сегодняшний день приходится сталкиваться республике, как, собственно, и многим другим регионам нашей страны. На примере модернизации Крыма с успехом возможно качественное преобразование и других регионов, например Юго-запада России, также нуждающихся в особом внимании.

Определенную озабоченность вызывает состояние реального сектора, так как благоприятный исход нынешней ситуации предполагает, что его производственная база выступает основной статьей поддержки со стороны российской экономики. Так, в будущем планируется вливание в экономику Крыма до 48 млрд. долл. [3]. Конечно, эти средства будут иметь целевое использование и подкрепляться должной системой контроля со стороны соответствующих органов. Суть проекта: инвестирование в строительство дорог, модернизация аэропорта и строительство моста через Керченский пролив. На сегодняшний день Крым – регион, находящийся в положении «низкого старта»: отставание от средних показателей по России (табл. 1) создает задел для динамичного и эффективного развития. Именно такие регионы привлекают внимание инвесторов в первую очередь. Стоит отметить, что в регионе сформирована конкурентная среда по повышению потенциала оптимальной стратегии модернизации экономики по разным показателям. Несмотря на сокращение промышленного производства на 9,9% на протяжении 2014 года, в декабре отмечается прирост по сравнению с ноябрем более 19%; индекс пищевой промышленности составил 121,4%, производство химической продукции возросло на 5,1%, поставка электроэнергии, газа, пара и кондиционированного воздуха – на 7,2%; добывающая промышленность обеспечила рост по итогам 2014 года на 7,2%. Высокие темпы роста добывающей промышленности обусловлены увеличением добычи природного газа на шельфе Черного моря на 23% до 1977 млн. м<sup>3</sup>; производство продукции сельского хозяйства увеличилось на 0,7%; средняя номинальная заработная плата в

### 1. Темпы прироста основных макроэкономических показателей в 2014 г., %

	Российская Федерация	Республика Крым
ВВП	0,5	
Потребительские цены	7,4	4,8
Промышленное производство	1,7	8,6
Инвестиции в основной капитал	-2,4	5,6
Оборот розничной торговли	1,9	-5,6
Реальная заработная плата	1,5	3,3
Экспорт, млрд. долл.	512	134,1
Импорт, млрд. долл.	317	0

декабре 2014 года составила 21 619 р., что в 4,4 раза выше уровня минимальной заработной платы (4944 р.) Реальная заработная плата увеличилась на 19,2%; объем экспорта товаров в апреле-ноябре 2014 года составил 134,1 млн. долл. США, импорта – 72,2 млн. долл. США; индекс потребительских цен в декабре 2014 года по сравнению с декабрем 2013 года – 142,5% [2]. Ярко отражается роль специализации Крымской республики в сельском хозяйстве, строительстве, розничной торговли, а также туристической индустрии.

Для преодоления финансового кризиса, формирующегося под воздействием социально-экономических взаимоотношений с институтами современной России, большинство исследователей и аналитиков возлагают надежды на изменение инновационного климата. И потому необходимо провести серьезную коррекцию экономической системы управления.

Сравнение уровня развития инфраструктуры, отдельных видов ресурсов, а именно: запасов нефти, газа, газового конденсата, полезных ископаемых – железной руды, минеральных солей, строительного сырья, и продукции позволяет выявить точки роста как для инвестиций, так и для международной торговли, увидеть перспективные отрасли, которые требуют вложений и кредитования. В принимаемой форме экономической модели параллельно должны решаться задачи структурирования промышленности и разработки инноваций:

- стимулирование на государственном уровне, привлечение прямых инвестиций на долгосрочной основе и направление их в реальный сектор экономики для его оживления и роста, благоприятное



геополитическое положение Крыма способствует осуществлению коренной модернизации предприятий по добыче нефти и газа на шельфе Черного и Азовского морей;

- включение негосударственного финансирования для инвестиций в объекты государственного значения, для Крыма, например строительство и ввод в эксплуатацию солнечных, ветровых электростанций;

- распределение ресурсов в пользу развития инфраструктуры, транспорта, связи; строительства промышленных предприятий, мостовых и берегоукрепительных учреждений, магистралей, линий электропередачи;

- создание агропромышленного комплекса, обеспечивающего производственный цикл от сырьевой базы до глубокой переработки, позволяющего повысить экспортный потенциал, преимущественно за счет традиционных для Крыма отраслей: виноградарства, виноделия, садоводства, а также рыбной ловли;

- ориентация на максимальное использование уникального и биоклиматического потенциала Крыма, который в перспективе должен стать одной из важнейших рекреационных зон восточно-европейского и северно-азиатского регионов;

- расширение торгового партнерства в экспорте не только со странами Таможенного союза (на долю которого приходится 37% экспорта), но и азиатскими странами, на долю которых приходится больше всего импорта (Сингапур, Китай);

- наращивание оборота розничной торговли, расширение торговых сетей;

- ввиду того что промышленные предприятия Крыма расположены только в Симферополе, Керчи, Феодосии, Евпатории имеет место неравномерное распределение промышленного потенциала из-за различий в обеспеченности ресурсами, поэтому стратегия Крыма должна предполагать развитие индустриального сектора экономики, как центра инновационного и инвестиционного развития, не только в республике, но и в других регионах России необходимо обоснование таких секторов;

- на территории республики Крым сконцентрированы огромные залежи строительного сырья, в связи с чем сырьевая база позволяет нарастить мощности по производству цемента, щебня, железнодорожных конструкций, следовательно, модернизация строительных технологий неизбежна [1].

Было бы уместно также расширить круг отраслей, в которых реализовывались бы инвестиционные проекты внешних инвесторов, ориентированных на сферу услуг.

Кроме того, необходимо обеспечить реорганизацию экономики путем преодоления структурных деформаций и формирования системы, способной осуществить реализацию конкретных конкурентных преимуществ реального сектора на отечественном и глобальном рынке; ликвидировать неэффективное производство; создать новые высокотехнологичные предприятия, отражающие особенности конъюнктуры рынка каждого региона. Также речь идет о банках, биржах, страховых компаниях. Не менее актуальным является создание принципов и правил государственного регулирования на единой методологической базе; выработка основных принципов поведения всех хозяйствующих субъектов в производственной, хозяйственной и иной деятельности. Однако ожидать немедленных результатов позитивного воздействия подобных мер на развитие экономики Крыма пока не приходится. Но в результате объединения усилий населения, бизнеса, органов власти, общественных организаций Крымская Республика развивается динамично, и это придает уверенности в правильности выстраиваемых задач по решению социально-экономических проблем региона, а значит, стратегия модернизации республики может уверенно послужить отправным пунктом для создания благоприятного инвестиционного и делового климата всех регионов.

И в настоящее время становится все более актуальным тесное сотрудничество регионов с иностранными инвесторами для осуществления стратегии устойчивой бизнес-модели в условиях стагнации экономики, прежде всего, в промышленной сфере, сельском хозяйстве, фармацевтике. И роль иностранных инвесторов относится к классу задач векторной оптимизации финансирования предприятий с виртуозным сочетанием схем структурного и проектного финансирования, в том числе привлечения международных партнеров. Объединение на одной площадке очень разных участников финансового рынка: банков, бизнесменов, финансовых организаций, иностранных инвесторов позволило обозначить контуры новых правил взаимоотношений в современных экономических условиях, разглядеть платформу для непрерывных инноваций.

### **Библиографический список**

1. Республика Крым/ Кузбасская торгово-промышленная палата. Внешнеэкономическое обозрение, № 6, 2014 год.
2. Экономика Крыма в 2014 году сохранила положительный вектор развития. Правительство Республики Крым. URL: <http://rk.gov.ru/rus/index.html/news/294621.htm> (дата обращения 12.02.2015).
3. Bloomberg Businessweek. URL:<http://vesti-ua.net/inosmi/6597-bloomberg-businessweek-posle-prisoedineniya-k-rossii-ekonomika-kryma-idet-pod-otkos.html> (дата обращения 12.02.2015).

## References

1. Republic of Crimea / the Kuzbass chamber of Commerce and industry. Foreign trade review, No. 6, 2014.
2. The economy of Crimea in 2014 has maintained a positive vector of development. The Government Of The Republic Of Crimea. URL: <http://rk.gov.ru/rus/index.html/news/294621.htm> (data obrascheniya 12.02.2015).
3. Bloomberg Businessweek. URL:<http://vesti-ua.net/inosmi/6597-bloomberg-businessweek-posle-prisoedineniya-k-rossii-ekonomika-kryma-idet-pod-otkos.html> (data obrascheniya 09.09.2015).

УДК 338

## СТАНОВЛЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА КОНСАЛТИНГОВЫХ УСЛУГ В Г. ТАМБОВЕ

О. Ф. Шутова

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. 89531297211, e-mail: olechka.shutova24@mail.ru)*

*Аннотация:* В данной статье подробно описана история появления и развития рынка консалтинговых услуг в России и в городе Тамбове. Рассмотрены все разновидности и типологии консалтинга. На примере деятельности московской компании, оказывающей консультационные услуги, произведен сравнительный анализ осуществления консалтинговой деятельности фирмами г. Тамбова. Сделаны выводы о развитии консалтинга в г. Тамбове, выявлены проблемы и причины медленного развития данного рынка и предложены варианты его успешного развития.

*Abstract:* This article described in detail the history of the emergence and development of the market of consulting services in Russia and in the city of Tambov. Considered all the variety and typology of consulting. On example of a Moscow company that provides consulting services to comparative analysis of the consulting activities of firms in Tambov. Conclusions on the development of consulting services in the city of Tambov, identified the problems and the reasons for the slow development of this market, and suggested options for its successful development.

*Ключевые слова:* предпринимательство, консалтинг, рынок консультационных услуг г. Тамбова, специализация, бухгалтерские услуги, кадровый консалтинг, развитие.

*Keywords:* business, consulting, market consulting services city of Tambov, accounting services, specialization, human resources consulting, development.

Консалтинг является важнейшим видом предпринимательства. В России консалтинговая деятельность зародилась приблизительно в 20-е гг. прошлого века и оказала существенное влияние на формирование и совершенствование управления.

Консалтинг решает вопросы управленческой, экономической, финансовой, инвестиционной деятельности организаций, стратегического планирования, оптимизации общего функционирования компании, ведения бизнеса, исследования и прогнозирования рынков сбыта, движения цен и т.д. Иными словами, консалтинг – это любая помощь, оказываемая внешними консультантами, в решении той или иной проблемы.

Основная цель консалтинга заключается в улучшении качества руководства, повышении эффективности деятельности компании в целом и увеличении индивидуальной производительности труда каждого работника.

В развитии рынка консалтинговых услуг выделяют три этапа:

– конец 80-х гг. – первая половина 1992 г. – разрушение установившихся принципов управления советскими предприятиями. В итоге динамичный рост спроса на консалтинговые услуги;

– вторая половина 1992 г. – 2000-е гг. В Москве развивался крупный бизнес, который нуждался в консалтинговых услугах. В то время, например, АвтоВАЗ активно пользовался услугами консультантов. Однако большая часть консалтинговых компаний исчезла, не имея заказов;

– с 2000-х гг. период ускоряющегося роста спроса на консалтинговые услуги. Предприятия нуждаются в разработке стратегий развития, системы мотивации персонала и т.д.

В настоящее время в России действует более десятка профессиональных консультационных объединений (среди них АККОС; РАМ). На отечественном рынке консалтинговых услуг можно выделить пять основных групп компаний:

- фирмы «большой четверки» (50%);
- «элитные» международные консалтинговые компании (10%);
- консалтингово-аудиторские фирмы (20%);
- ведущие российские фирмы (15%);
- средние и малые специализированные консалтинговые компании (5%) [1].

Для дальнейшего сравнительного анализа рынка консалтинговых услуг в Тамбове рассмотрим подробно деятельность такой крупной компании, как АКГ «Развитие бизнес-систем», г. Москва. В дальнейшем на основе данного рассмотрения проведем подробный анализ, выявим преимущества и недостатки, слабые стороны компаний г. Тамбова, оказывающих услуги в различных сферах консалтинга.

Группа профессионалов в 2001 году объединилась для создания ЗАО «Аудиторско-консультационная группа «Развитие бизнес-систем» (РБС).

В настоящее время фирма осуществляет работу с крупнейшими российскими компаниями различной отраслевой направленности: проводит аудит нефтяной компании «НК «Роснефть», выполнены работы по оценке для ОАО «РОСНЕФТЕГАЗ», разработана программа развития для Концерна «Тракторные заводы», завершены работы по сложнейшему проекту для ФГУП «Почта России» по оптимизации бизнес-процессов. Миссия компании – профессиональное содействие развитию российских и международных компаний и оптимизации системы государственного управления.

Услуги АКГ «Развитие бизнес-систем» можно разделить по следующим направлениям:

- Аудит и бухгалтерское консультирование.
- Управленческий консалтинг.
- Государственный консалтинг.
- Финансовое и инвестиционное консультирование.
- Управленческие и информационные услуги.
- Налоговый и правовой консалтинг.
- Управление человеческими ресурсами.
- Учебный центр.
- Центр информационно-коммуникативных решений.
- Экспертиза НМЦК.

Далее рассмотрим рынок консультационных услуг г. Тамбова. Консалтинг в нашем городе только начинает свое становление. В основном за услугами обращаются фирмы малого и среднего бизнеса. Среди предприятий существует некое недоверие к консалтингу, что понижает спрос на услуги такого рода и тормозит их развитие. В Тамбове компании оказывают консалтинговые услуги, обычно специализируясь только на одном или двух направлениях, в отличие от столичных фирм и компаний крупных развитых городов России.

### 1. Ранжирование консалтинга по степени возникающей потребности клиентов

Степень необходимости консалтинга	Условное название	Примеры видов консалтинга
Необходимая	Консалтинг, требуемый нормативными актами	Аудит, оценочный консалтинг, подтверждение соответствия правилам (сертификация, стандартизация)
Высокая	Консалтинг, помогающий избежать «проблемы»	Аудиторские и сопутствующие услуги, налоговый консалтинг, частично бухгалтерский, арбитражный
	Консалтинг, направленный на увеличение прибыли и развитие производства	Управленческий, финансовый, кадровый, инновационный, маркетинговый, учетный консалтинг, IT-консалтинг
Средняя	Консалтинг, направленный на развитие производства и повышение степени управляемости предприятием	
Низкая	Тестирование персонала, повышение качества продукции	Инновационный, аналитический консалтинг

Консалтинговые услуги г. Тамбова можно классифицировать по степени их необходимости для клиентов (табл. 1).

Для примера проанализируем деятельность таких консалтинговых компаний г. Тамбова, как «БКБ Консалтинг», «Медиа-Консалт», «ТелекомКонсалтинг» и «Респект».

ООО «Респект» создано в 2002 году квалифицированными специалистами по рынку ценных бумаг и акционерному законодательству с целью оказания высококачественных консультационных услуг в сфере корпоративного права акционерным обществам и обществам с ограниченной ответственностью.

Консультации по корпоративному праву для АО:

- Создание, реорганизация, ликвидация общества.
- Проведение общего собрания акционеров.

- Подготовка годового отчета.
- Подготовка устава и внутренних документов общества.
- Регистрация выпуска (дополнительного выпуска) ценных бумаг.
- Сопровождение сделок с акциями АО и процедура приобретения и выкупа акций.

Консультации по корпоративному праву для ООО:

- Создание, реорганизация, ликвидация общества.
- Проведение общего собрания участников.
- Подготовка годового отчета.
- Ведение списка участников общества.
- Подготовка устава и внутренних документов общества.
- Сопровождение сделок с долями ООО и иные вопросы корпоративного права [2].

«ТелекомКонсалтинг» основан 24 января 2006 года. Компания «ТелекомКонсалтинг» оказывает полный спектр консультационных услуг для операторов связи, помогает получить любые лицензии связи, радиочастоты, ресурс нумерации, оказывает поддержку при взаимодействии с РОСКОНАДЗОРом.

Консультационные услуги: лицензии связи, выделение ресурса нумерации, оформление радиочастот, сдача узла связи, легализация сетей, регистрация СМИ, юридическое сопровождение, лицензии на телевидение, радиовещание [3].

Бухгалтерская консалтинговая фирма «Медиа-Консалт» начала свою профессиональную деятельность в 2005 году, а с 2013 года является партнером фирмы «1С» по обслуживанию клиентов в рамках уникального бухгалтерского сервиса «1С:БухОбслуживание»

Целью деятельности организации является удовлетворение потребностей малого и среднего бизнеса в получении качественного бухгалтерского и налогового сопровождения и оказания профессиональной помощи по учету финансово-хозяйственной деятельности в рамках российского законодательства и его многочисленных и неоднозначных изменений.

Услуги от обслуживающей бухгалтерии:

- ведение бухгалтерского и/или налогового учета;
- ведение кадрового учета и расчет заработной платы;
- предоставление доступа к программе «1С:Бухгалтерия 8» через Интернет;
- составление и сдача отчетности по электронным каналам;

- устные консультации по учету и налогообложению текущих и планируемых хозяйственных операций;
- услуги курьера для получения документов по договору;
- формирование за год и хранение архива учетных документов [4].

Бюро Кадровой Благонадежности «БКБ Консалтинг» было основано в 2007 году. Компания предлагает эффективный и доступный способ выявить на первоначальном этапе сотрудничество с неблагонадежным соискателем, а именно минимизировать факты мошенничества, кражи, хищения со стороны работников. Предлагается комплекс информационных услуг, таких как: проверка персонала на судимость, причастность к преступлениям, мошенничествам, наличие долгов, проверка достоверности предоставленных при трудоустройстве сведений (предыдущих мест работы, действительности документов, удостоверяющих личность, действительности документов об образовании, проверка прописки), что позволит обращающейся компании сократить количество неблагонадежных сотрудников [5].

Из-за узкой специализации консультационных фирм тамбовские компании для решения более сложных задач приглашают к сотрудничеству столичных партнеров, используя, таким образом, взаимовыгоду.

Не все консалтинговые компании г. Тамбова успешны, только половина из них имеет репутацию и постоянный спрос на свои услуги.

Отсюда и следует заключение о незрелости рынка консультационных услуг г. Тамбова. Одной из причин закрытости рынка является то, что услуги консалтинга строго конфиденциальные, компании не вправе разглашать своих клиентов и стоимость оказанных услуг. Несформированность рынка и отсутствие единых расценок на оказание услуг, а также лидеров в области консалтинга, в свою очередь, являются серьезными проблемами. Однако с возникновением финансового кризиса родился повышенный спрос на управленческий консалтинг, и это легко пояснимо: предприятия, опасаясь за свою судьбу, вынуждены обращаться за услугами консультантов для оценки и дальнейшей оптимизации работы и управления.

В итоге можно сделать вывод, что рынок консалтинговых услуг Тамбова только начинает развиваться. Его развитию мешает нехватка кадров, консультанты сосредоточены на определенной узкой специализации. Однако это не мешает тамбовскому рынку консультационных услуг постепенно совершенствоваться, меняя структуру и концепцию консалтинга.



### **Библиографический список**

1. Посадский, А. П. Консультационные услуги в России : учеб. пособие. – М., 1995.
2. Официальный сайт консалтинговой компании «Респект». – URL: <http://respect-tambov.ru> (дата обращения 09.09.2015).
3. Официальный сайт консалтинговой компании «ТелекомКонсалтинг». – URL : <http://telekom.org.ru/o-kompanii> (дата обращения 09.09.2015).
4. Официальный сайт бухгалтерской компании «Медиа-Консалт». – URL : <http://www.mediaconsalt.ru> (дата обращения 09.09.2015).
5. Официальный сайт кадрового бюро «БКБ Консалтинг». – URL: <http://www.mediaconsalt.ru> (дата обращения 10.09.2015).

### **References**

1. Posadskiy, A. P. Consultacionnie uslygi v Rossii : ycheb.pos. – М., 1995.
2. Oficialniy sait consaltingovoi kompanii «Respect». – URL : <http://respect-tambov.ru> (data obrascheniya 09.09.2015).
3. Oficialniy sait consaltingovoi kompanii «TelecomConsalting». – URL : <http://telekom.org.ru/o-kompanii> (data obrascheniya 09.09.2015).
4. Oficialniy sait byhgalterscoi kompanii «Media-Consalt». URL : <http://www.mediaconsalt.ru> (data obrascheniya 09.09.2015).
5. Oficialniy sait cadrovogo byuro «BKB Consalting». – URL : <http://vk.com/bkbbkonsalting> (data obrascheniya 10.09.2015).

# **МЕНЕДЖМЕНТ**

УДК 654.1

## ЭЛЕМЕНТЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПАНИИ

**К. И. Немтинова**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов  
(Тел. (4752)630706, e-mail: kriska-92@mail.ru)*

*Аннотация:* В данной работе описаны основные проблемы развития телекоммуникационных компаний в России, пути их решений на текущий период на примере телекоммуникационных компаний по Тамбовской области.

*Abstract:* This paper describes the main problems of telecommunications companies in Russia, solutions for the current period on the example of telecommunications companies in the Tambov region.

*Ключевые слова:* стратегия развития, телекоммуникационная компания, управление, эффективность деятельности, решение проблем.

*Keywords:* development strategy, the telecommunications company, management, efficiency, problem solving.

В современных условиях функционирования Российской экономики на фоне санкционного давления, волатильности на валютном рынке, снижения доступа к кредитным ресурсам, приводящим к общему ухудшению макроэкономической ситуации, происходит замедление темпов роста ВВП и практически всех отраслей экономики [1]. Сфера телекоммуникаций и информационных технологий не является исключением ввиду зависимости от импортного оборудования, а также из-за ограничений, связанных с доступом к финансовым ресурсам для обеспечения долговых обязательств и инвестиционных проектов. В этой связи вопросы повышения эффективности управления, в том числе связанные с разработкой стратегии развития предприятий в новых экономических условиях, приобретают высокую актуальность.

Эффективность деятельности телекоммуникационных компаний в первую очередь зависит от качества управления инновационными процессами. Однако вопросы использования управленческих инноваций, имеющие не менее важное значение, реже становятся предметом исследований. В качестве таковых выступают [2, 3]: разработка и реализация новой или значительно измененной корпоративной стратегии,

организационной структуры, методов и приемов организации труда, внедрение современных методов управления на основе информационных технологий, применение современных систем контроля качества, сертификации продукции (услуг), научных разработок и маркетинга.

Современный Российский рынок телекоммуникаций представлен общероссийскими операторами, которыми являются три крупнейших компании сотовой связи, имеющие собственные сети сотовой связи во всех регионах России: открытые акционерные общества «МТС» (торговая марка «МТС»), «ВымпелКом» (торговая марка «Билайн») и «МегаФон» (торговая марка «МегаФон»), межрегиональными операторами, предоставляющими свои услуги в нескольких регионах России: ОАО «Ростелеком» (торговая марка «Ростелеком»), российское подразделение шведского холдинга Tele2 AB – «Теле2-Россия» (торговая марка Tele2) и ЗАО «СМАРТС» (торговая марка «СМАРТС»), а также мелкими региональными операторами и виртуальными операторами [4].

На официальных сайтах крупных поставщиков услуг связи размещены стратегии их развития, однако зачастую они не находят реального воплощения и не являются обязательным руководством к действию, что значительно усложняет сокращение отставания Российских телекоммуникационных компаний от зарубежных. В работе [5] авторами обращено внимание на уровни разработки стратегии ОАО «Ростелеком», представляющего собой диверсифицированную компанию, имеющую межрегиональные филиалы, которые в свою очередь представляют собой совокупность региональных филиалов, осуществляющих свою деятельность на определенных территориях РФ. Уровни управления компанией включают: корпоративный уровень (уровень компании); уровень макрорегиональных филиалов; уровень региональных филиалов; функциональный уровень (уровень подразделений внутри макрорегиональных филиалов, региональных филиалов); операционный уровень (уровень внутри подразделений). Анализ действующей структуры стратегий показал, что компания разрабатывает корпоративную стратегию и далее разрабатываются стратегии макрорегиональных филиалов. Стратегии региональных филиалов, функциональные и уж тем более операционные стратегии не разрабатываются. Авторами обосновывается необходимость разработки функциональных стратегий, которые позволят организации выполнить стратегию конкретного макрорегионального филиала и корпоративную стратегию в целом ОАО «Ростелеком».

Отдельные аспекты разработки инновационной стратегии телекоммуникационной компании изложены в [6], а именно: выделены и описаны три типа базовых стратегий: эволюционный, наступательный и рискованно-наступательный. Основная черта эволюционной стратегии – запаздывание создаваемой продукции и услуг в удовлетворении спроса по объемам и по требованиям к техническому уровню. Реализация наступательной стратегии заключается в удовлетворении спроса на нововведения по мере его возникновения, а наступательно – рискованные стратегии связаны с опережением спроса, и соответственно, со значительными рисками, связанными с его неопределенностью. При выборе той или иной стратегии авторами предложено использовать современные технологии и инструменты моделирования бизнес-процессов и бизнес-систем, а именно структурно-функциональные, основанные на традиционном теоретико-множественном системном подходе (например, IDEFO/BPwin); объектные, основанные на объектно-ориентированном мировоззрении (например, UML/Rational Rose); системно-объектные, основанные на системологии (например, УФО-анализ/UFO-toolkit). Резюмируя свои исследования, многие авторы [7, 8] обращают внимание на необходимость внедрения на современных российских предприятиях системы управления, основанной именно на отечественном опыте с использованием новых подходов, стиля и методов работы, отмечая значимую роль управленческих инноваций, внедрение которых происходит параллельно с технологическими инновациями. Отмечается отсутствие корпоративной информационной системы, позволяющей охватить все подразделения предприятия для получения эмпирических данных, так необходимых для диагностики, анализа и контроля эффективности принимаемых управленческих решений, значительных пробелов в области научно-технической деятельности.

Проведенный анализ показывает, что существует достаточное количество теоретических материалов, связанных с обоснованием необходимости разработки и реализации инновационной стратегии, включающих также практические способы достижения этой цели. Однако существует ряд факторов, которые затрудняют внедрение управленческих инноваций, например недооценка важности организационных структур, склонность менеджеров к простым решениям, противодействие инновациям со стороны персонала и др. [9], преодоление которых позволит предприятиям телекоммуникационной сферы адаптироваться к новым условиям внешней среды, в которых оказалась Российская экономика на современном этапе своего развития.

Для того чтобы решить вышеперечисленные проблемы каждой телекоммуникационной компании в Тамбовской области, необходимо иметь следующие стратегические цели: постоянно поддерживать более высокое и создать себе надежное положение на рынке телекоммуникаций; постоянно повышать качество своих услуг, а также расширить свой ассортиментный ряд услуг; пытаться увеличивать долю рынка; повышать свою репутацию среди своих потребителей; обеспечивать грамотную и интересную рекламу; постоянное использование навыков, технологических разработок в выпуске новых услуг; удовлетворять вкусы и потребности своих потребителей; быть лидером среди своих конкурентов.

### Библиографический список

1. Россия в цифрах 2014 : крат. стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – М., 2014. – 558 с. – URL : [http://www.gks.ru/bgd/regl/b14\\_11/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_11/Main.htm) (дата обращения: 10.09.2015).
2. Соколов, Д. В. Управленческие инновации / Д. В. Соколов, Е. И. Юркан. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ., 2008. – 106 с.
3. Томпсон, А. А. Стратегический менеджмент: Искусство разработки и реализации стратегии : учебник для вузов / А. А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд ; пер. с англ. ; под ред. Л. Г. Зайцева, М. П. Соколовой. – М. : Биржи и банки, 2010. – 576 с.
4. Кобылко А. А. Основные задачи стратегического планирования предприятий сотовой связи / Проблемы управления и информационные технологии (ПУИТ-08) : материалы IV Всерос. школы-семинара мол. ученых. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008.
5. Зуева, И. Е. Уровни разработки стратегий ОАО «Ростелеком» / И. Е. Зуева, Е. А. Касаткина // Т-comm. – 2012. – № 10. – URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/urovni-razrabotki-strategiy-oao-rostelekom> (дата обращения: 10.04.2015).
6. Трубицин, С. Н. Выбор стратегии инновационного развития телекоммуникационной компании / С. Н. Трубицин, А. С. Дудников // Научные ведомости БелГУ. Серия: история. Политология. Экономика. Информатика. – 2011. – № 19-1 (114). – URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-strategii-innovatsionnogo-razvitiya-telekommunikatsionnoy-kompanii> (дата обращения: 10.09.2015).

7. Буличенко, Д. А. Конкуренция в телекоммуникационной отрасли: сетевой рынок в условиях продуктовой дифференциации // *Terra economicus*. – 2011. – Т. 9. – №. 1. – С. 17 – 32.

8. Лебедев, А. И. Проблемы внедрение управленческих инноваций в организациях телекоммуникационного сектора экономики // *Наука и образование: электронное научно-техническое издание*. – 2012. – № 11. – URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/77-48211-466289-problemy-vnedrenie-upravlencheskih-innovatsiy-v-organizatsiyah-telekommunikatsionnoy-sektora-ekonomiki> (дата обращения: 10.09.2015).

9. Созонов, С. В. Развитие сети телекоммуникационной компании – направление, связанное и параллельно эволюционирующее со стратегией опережающего развития широкополосного доступа в Интернет // *Труды международного симпозиума надежность и качество*. – 2010. – Т. 2. – С. 7 – 9.

## References

1. *Rossija v cifrah 2014: krat. stat. sb. / Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat)*. – М. – 2014. – 558 s. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b14\\_11/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_11/Main.htm) (дата обращения: 10.09.2015)

2. Sokolov D. V., Jurkan E. I. *Upravlencheskie innovacii*. SPb.: Izd-vo SPbGUJeF., 2008. – 106 s.

3. 3.Tompson A. A., Striklend A. Dzh. *Strategicheskij menedzhment: Iskusstvo razrabotki i realizacii strategii: Uchebnik dlja vuzov / Per. s angl. Pod red. L. G. Zajceva, M. P. Sokolovoj*. – М. : Birzhi i banki, 2010. – 576 s.

4. Kobylo A. A. *Osnovnye zadachi strategicheskogo planirovanija predpriyatij sotovoj svjazi / Problemy upravlenija i informacionnye tehnologii (PUIT-08) / Materialy IV Vseros. shkoly-seminara mol. uchjonyh*. – Kazan': Izd-vo Kazan. gos. tehn. un-ta, 2008.

5. Zueva I. E., Kasatkina E. A. *Urovni razrabotki strategij OAO «Rostelekom» // T-comm*. – 2012. – № 10. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/urovni-razrabotki-strategiy-oao-rostelekom> (дата обращения: 10.04.2015).

6. Trubicin C. N., Dudnikov A. S. *Vybor strategii innovacionnogo razvitiya telekommunikacionnoj kompanii // Nauchnye vedomosti BelGu. Serija: istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika*. – 2011. – № 19-1 (114). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-strategii-innovatsionnogo-razvitiya-telekommunikatsionnoy-kompanii> (дата обращения: 10.09.2015).

7. Bulichenko D. A. Konkurencija v telekommunikacionnoj otrasli: setevoj rynek v uslovijah produktovoj differenciacii //Terra economicus. – 2011. – t. 9. – № 1. – s. 17 – 32

8. Lebedev A. I. Problemy vnedrenie upravlencheskih innovacij v organizacijah telekommunikacionnogo sektora jekonomiki // Nauka i obrazovanie: jelektronnoe nauchno-tehnicheskoe izdanie. – 2012. – № 11. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/77-48211-466289-problemy-vnedrenie-upravlencheskih-innovatsiy-v-organizatsiyah-telekommunikatsionnogo-sektora-ekonomiki> (data obrashhenija: 10.09.2015).

9. Sozonov S. V. Razvitie seti telekommunikacionnoj kompanii - napravlenie, svjazannoe i parallel'no jevoljucionirujushhee so strategiej operzhajushhego razvitija shirokopolosnogo dostupa v internet //Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma nadezhnost' i kachestvo. – 2010. – T. 2. – S.7 – 9.



# **БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА**

УДК 004.422.81: 519.876.2

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Н. С. Румянцева<sup>1</sup>, А. Б. Борисенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Россия, Москва (Тел.(495)788-56-99, e-mail: bereginya93@gmail.com)

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
Тамбов (Тел. (4752)630706, e-mail: borisenko@mail.gaps.tstu.ru)

*Аннотация:* В работе представлен автоматизированный синтез моделей бизнес-процессов на основе описания множества элементарных работ. Разработан прототип программной системы. Приведено описание его функциональных возможностей.

*Abstract:* The automated synthesis of the business-processes based of the set of familiar elementary processes is considered. The program system prototype is developed. The functionalities of developed system are described.

*Ключевые слова:* автоматизированный синтез бизнес-процессов, IDEF0, SADT.

*Keywords:* *automated:* Ssynthesis of the business-processes, IDEF0, SADT.

Под бизнес-процессом понимается упорядоченный по времени набор заданий, выполняемых как людьми, так и информационными системами предприятия, и направленный на достижение заранее известной бизнес-цели. Понятие бизнес-процесса используется в различных областях деятельности и носит более широкий смысл, чем, например, технологический процесс, присущий в большей степени производственной деятельности. От эффективности бизнес-процессов напрямую зависит конкурентоспособность и прибыльность организации.

Бизнес-процесс может включать в себя различные элементы, например, действия, данные, события, материалы и пр. Моделирование бизнес-процессов предназначено для их формализованного графического описания и определяет логическую взаимосвязь всех элементов процесса от его начала до завершения в рамках организации. Элементами могут быть в том числе и внешние по отношению к организации процессы, системы, люди, отвечающие за выполнение процесса, документы и стандарты, используемые при его выполнении и т.д.

Для описания бизнес-процессов используются различные методологии, такие как ARIS, IDEF, DFD, BPMN и т.п. Одной из самых простых и в то же время распространенных нотаций описания бизнес-процессов является нотация IDEF0.

Стандарт IDEF0 (IDEF – Integrated computer aided manufacturing DEFinition) появился в начале 80-х годов прошлого века и являлся развитием методологии структурного анализа и проектирования SADT (Structured Analysis and Design Technique), которая на тот момент нашла широкое применение в различных предметных областях [1].

В этом стандарте любой бизнес-процесс рассматривается в виде набора связанных ICOM-блоков – функций, преобразующих исходный материал и/или информацию в конечный продукт по заданным правилам. ICOM-блок характеризуется наборами входных ресурсов (Input – ресурсы, преобразуемые функцией), выходных ресурсов (Output – результат выполнения функции), управления (Control – ограничения и регламенты на выполнение функции: стандарты, техническая документация и т.п.) и механизмов (Mechanism – ресурсы, необходимые для выполнения функции: персонал, оборудование, инструмент и т.д.).

В работе представлен прототип автоматизированной системы, предназначенной для логического синтеза моделей бизнес-процессов. Для описания полученных моделей используется упрощенная нотация IDEF0, в которой входящие в ICOM-блок стрелки (Input, Control, Mechanism) рассматриваются одинаковым образом (как входящие дуги вершины графа) и различаются лишь атрибутом в их описании.

Основной отличительной особенностью разрабатываемой программной системы является возможность автоматического построения модели бизнес-процесса по условиям, указанным пользователем, например, необходимым ресурсам, функциям, используемым в конкретной реализации, в то время, как большинство существующих аналогов предназначено для визуального отображения моделей бизнес-процессов в одной или нескольких нотациях.

Исходными данными для моделирования бизнес-процесса являются [2]:  $R = \{r_j\}$  – конечное множество объектов, принадлежащих некоторой предметной области (ресурсы в терминологии IDEF0);  $F = \{f_j\}$  – конечное множество преобразований над этими объектами (функции в терминологии IDEF0).

Назовем  $\Pi = \langle R, F \rangle$  функциональным описанием предметной области.

Каждую функцию  $f_i$  характеризует пара  $(X_i, Y_i)$ , в которой  $X_i$  – множество входящих ресурсов (*входов*), а  $Y_i$  – результаты выполнения этой функции (множество *выходов*), где  $X_i, Y_i \subseteq R$ .

С моделируемым бизнес-процессом может быть связано некоторое подмножество функций  $T \subseteq F$  из описания выбранной предметной области.

Пусть  $F(T)$  – множество функций, используемых в бизнес-процессе, тогда  $X(T) = \bigcup_{f_i \in T} X_i$  – множество входов этих функций, а

$Y(T) = \bigcup_{f_i \in T} Y_i$  – множество их выходов.

Множество  $V(T) = X(T) \setminus Y(T)$  представляет собой набор ресурсов, необходимых для реализации бизнес-процесса, а множество  $W(T) = Y(T) \setminus X(T)$  – ресурсы, получаемые в результате его выполнения.

Для логического синтеза модели бизнес-процесса пользователь должен указать набор выходных ресурсов  $W^*(T) \subseteq W(T)$ , получаемых в результате его выполнения. Дополнительно также можно указать набор обязательных исходных ресурсов  $V^*(T) \subseteq V(T)$  и используемых функций  $F^*(T) \subseteq F(T)$ . Синтез осуществляется путем поиска смежных функций в модели бизнес-процесса (поиск в ширину, метод обратной волны [3]). В результате выполнения запроса к БД определяются группы функций, каждая из которых позволяет получить указанные конечные продукты, после этого определяются все входные ресурсы для каждой из найденных функций и алгоритм повторяется уже для этого набора ресурсов. Процесс продолжается до тех пор, пока ресурсы, составляющие текущую цель, не попадут в множество заданных входящих ресурсов (задача решена) либо выяснится, что какие-либо ресурсы не могут быть получены на основе содержимого БД.

Полученное решение  $T$  (назовем его *общим решением*) рассматривается на соответствие ограничениям поставленной задачи.

Далее общее решение рассматривается на предмет возможного исключения из полученной модели одной из альтернативных функций, поставляющих одинаковые ресурсы. В случае, если это решение удовлетворяет постановке задачи (назовем его *частным* или *редуцированным решением*  $\hat{T}$ ), то оно сохраняется системой, иначе исключается из

рассмотрения. Процесс может продолжаться до тех пор, пока не будет получено решение, из которого нельзя исключить ни одну из функций.

Полученное множество частных решений  $\{\hat{T}\}$  соответствует возможным вариантам реализации бизнес-процесса.

Далее каждое решение  $\hat{T}$  рассматривается с точки зрения затрат (финансовых, временных, ресурсных) на его реализацию: составляется список задействованных в бизнес-процессе ресурсов и определяется их необходимое количество, вычисляются затраты на выполнение функций. Полученные оценки позволяют сделать выводы о ресурсной осуществимости процесса и выбрать его реализации, оптимальные по заданным критериям.

Для реализации представленного алгоритма была разработана программа с использованием RAD Studio XE2. Окно главной формы программы представлено на рис. 1.

Для хранения описаний ICOM-блоков (inputs, outputs, controls, and mechanisms – ICOM) используется база данных Microsoft Access.

Интерфейс программы позволяет вводить и редактировать информацию об элементарных функциональных блоках и ресурсах, выбирать логику их взаимодействия. Затем запускается процесс синтеза цепочек бизнес-процесса, объединение которых дает общее решение.

В качестве дальнейшего развития прототипа планируется развитие прототипа за счет создания макроязыка для фиксации условий на ресурсы и функции, используемые в бизнес-модели, а также использования в получаемых моделях количественных характеристик бизнес-процессов.

Разработанный программный продукт обладает следующими функциональными возможностями.

Ведение базы данных элементарных работ, связанных с одной или несколькими предметными областями. Каждую такую работу характеризуют ресурсы, необходимые для ее выполнения (входы), и результат, полученный в результате ее выполнения (выходы). В зависимости от характера моделируемого бизнес-процесса это могут быть материальные, трудовые и информационные ресурсы.

Определение требований к модели – ресурсы, которые должны быть получены в результате выполнения бизнес-процесса, а также накладываемые на нее ограничения по наборам используемых работ и входящих ресурсов.

Синтез возможных вариантов реализации бизнес-процесса, соответствующих заданным требованиям.

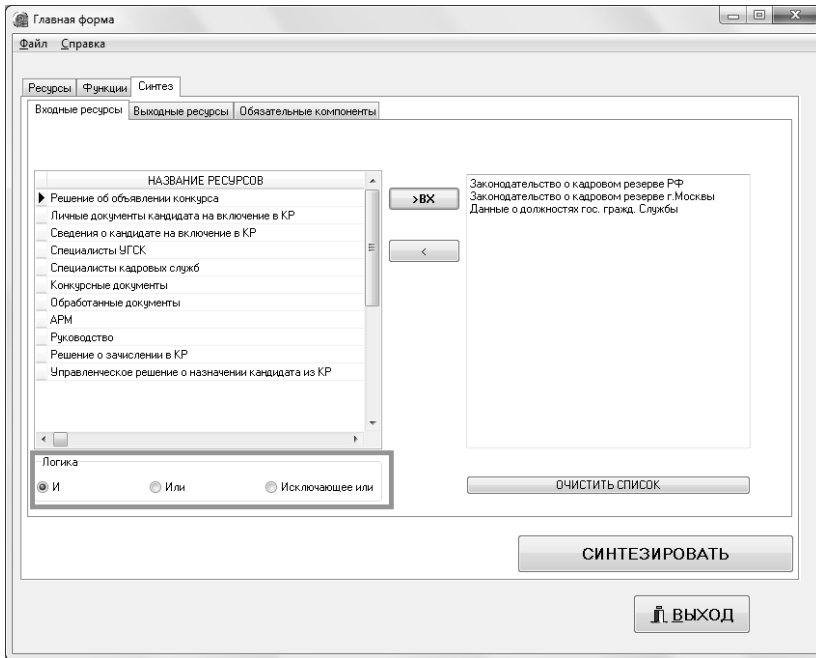


Рис. 1. Окно главной формы программы

Получение количественных оценок, позволяющих судить о затратах на реализацию бизнес-процесса и его ресурсной осуществимости.

Дальнейшее развитие прототипа предполагает создание макроязыка, предназначенного для описания логики использования в бизнес-модели функций или ресурсов (И, ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ), которая позволит учитывать их взаимозаменяемость и оптимизацию алгоритмов синтеза общего решения и выбора частных решений бизнес-процессов за счет распараллеливания вычислений.

### Библиографический список

1. Марка, Д. А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Д. А. Марка, К. МакГоуэн. – СПб. : Питер, 2005. – 241 с.
2. Никитин, А. Е. Модели и методы синтеза технологических процессов / А. Е. Никитин, В. П. Румянцев, А. В. Трусов // Информа-

ционно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – № 10, Т. 9. – С. 39 – 46.

3. Люгер, Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Люгер Джордж Ф. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.

### References

1. Mark, D. Methodology of structural analysis and design SADT / Mark D., K. McGowan. – SPb. : Peter, 2005. – 241 s.

2. Nikitin, A. E. Models and methods of synthesis processes / Nikitin A. E., Rumyantsev V. P., Trusov A. V. // Information-measuring and operating systems. – 2011. – N 10, V. 9. – С. 39 – 46.

3. George, F. Luger. Artificial Intelligence: Strategies and methods for solving complex problems / George F. Luger. – М. : Publishing House «Williams», 2003. – 864 pp.

Научное издание

## **ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ НА ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ – 2015**

Материалы Всероссийского открытого конкурса  
студентов вузов и молодых исследователей

Компьютерное макетирование: *Т. Ю. Зотова, И. В. Евсеева*

Техническое редактирование:

*З. Г. Чернова, Т. М. Глинкина, Л. В. Комбарова, И. В. Калистратова*

**ISBN 978-5-8265-1474-0**



Подписано в печать 09.10.2015.

Формат 60×84/16. 20,46 усл. печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 450

Издательско-полиграфический центр  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

392032, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: [izdatelstvo@admin.tstu.ru](mailto:izdatelstvo@admin.tstu.ru)