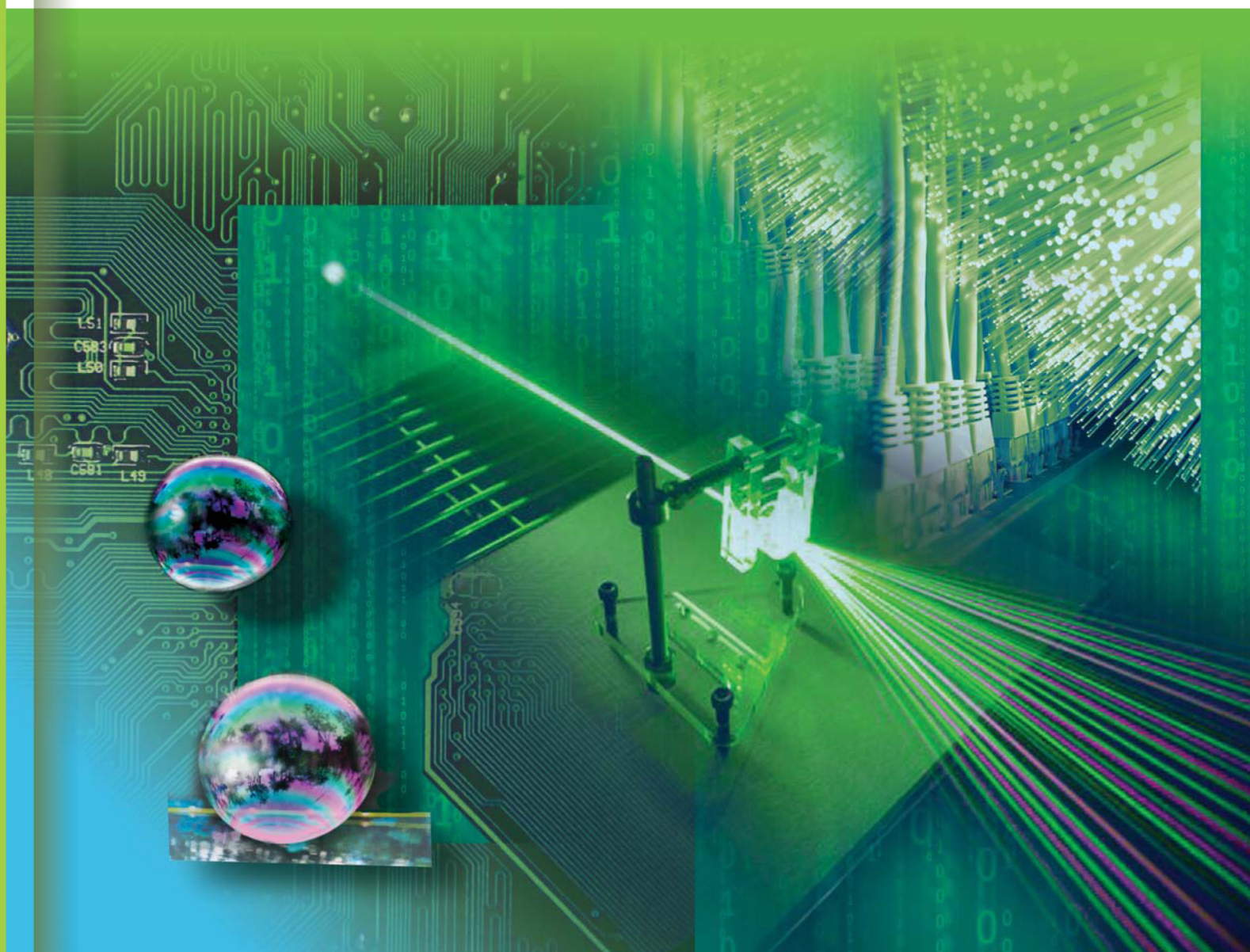
2018 АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ БАКАЛАВРОВ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

МАГИСТРОВ

2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО

Сборник трудов

Санкт-Петербург

2018

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / под ред. д.т.н., профессора В.О. Никифорова. Сборник трудов. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 510 с.

В сборнике представлены лучшие научно-исследовательские выпускные квалификационные работы магистров Университета ИТМО.

Материалы публикуются с целью развития творческого потенциала дипломированных специалистов, их навыков научно-исследовательской работы, стимулирования участия студентов в научных исследованиях, усиления роли научно-исследовательской работы в повышении качества подготовки специалистов с высшим образованием, формирования резерва для кадров высшей квалификации.

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2018

© Авторы, 2018

ВВЕДЕНИЕ

«Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО» опубликован по результатам конкурсов на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (НИВКР) среди магистров Университета ИТМО.

На Конкурсах оцениваются умение студента проводить самостоятельную творческую исследовательскую работу, профессиональная зрелость выпускника и его способность решать реальные научно-технические задачи. Конкурсы проводятся в целях совершенствования системы подготовки кадров высшей квалификации, в рамках реализации программы развития вуза, как Национального исследовательского университета на 2009–2018 годы.

Первый этап Конкурса проводился на выпускающих кафедрах университета. По итогам предзащит ВКР магистров кафедрами было принято решение о выдвижении лучших работ в Государственную аттестационную комиссию (ГАК). По итогам работы ГАК были окончательно определены 105 лучших НИВКР на 40 кафедрах.

Второй этап Конкурса проводился на мегафакультетах университета. По итогам представленных кафедрами работ, директорами мегафакультетов был проведен анализ ВКР магистров, и определены победители Конкурса на мегафакультетах. В итоге на мегафакультетах состоялось 5 Конкурсов на «Лучшую НИВКР».

Третий завершающий этап Конкурса проводил Научно-технический совет (НТС) университета. Работы победителей второго этапа Конкурса были рассмотрены на заседании НТС. По итогам которого были определены «Лучшие НИВКР» представленные в университете за 2018 год.

Статистические данные участия магистров в Конкурсе

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	105	105
II	Конкурсы факультетов	105	41
III	Конкурс университета	41	11

По итогам Конкурса среди магистров были определены 11 победителей на «Лучшую НИВКР университета» и 30 лауреатов, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество магистров, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу», составило 139 человек.

Организационную работу по Конкурсам проводили следующие структурные подразделения Университета ИТМО: Департамент научных исследований и разработок, Управление магистратуры, отдел НИРС.

Основные критерии оценки работ

При оценке НИВКР учитывались следующие критерии:

- соответствие тематики работы основным научным направлениям университета;
- новизна предложенных в работе решений;
- оригинальность предложенных решений;
- наличие актов об использовании результатов работы;
- наличие выигранных грантов, стипендий, в том числе стипендий Президента Российской Федерации;
- наличие публикаций по результатам работы в научных журналах и изданиях (как в российских, так и в зарубежных);
- наличие документов защиты объектов интеллектуальной собственности, созданных в процессе выполнения ВКР;
- наличие заявок на объекты интеллектуальной собственности;
- наличие наград, полученных на всероссийских, региональных и городских конкурсах;
- наличие докладов по тематике ВКР на научных конференциях и семинарах;
- наличие документов о представлении результатов ВКР на различного уровня конкурсах и выставках;
- глубина раскрытия темы, логичность изложения;
- качество оформления (в том числе соблюдение ГОСТов);
- степень самостоятельности выполненной работы.

Общие требования к материалам, представляемым на НТС

Для окончательного подведения итогов Конкурса на НТС представлялись следующие документы:

- анкета участника Конкурса;
- отзыв научного руководителя;
- рекомендация от кафедры (служебная записка, подписанная зав. кафедрой);
- рекомендация ГАК;
- техническое задание ВКР;
- краткое изложение ВКР в форме статьи до 4 страниц.

К работе прилагались акты о внедрении результатов научной работы, копии патентов, научных статей и тезисов.

Итоги Конкурса были подведены на заседании НТС университета и оформлены приказом ректора Университета ИТМО № 893-од от 13.09.2018 г.

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ



Булыгина Анастасия Николаевна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра маркетинга и коммуникаций,
группа № U4269
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
(Инновационный маркетинг)
e-mail: stacy.bu@mail.ru

УДК 339.138

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ БРЕНДА ЛИЧНОСТИ НА ИНТЕЛЛЕКТОЕМКИХ РЫНКАХ

А.Н. Булыгина
Научный руководитель – к.э.н., доцент Д.В. Соловьева

В современном мире каждый день мы взаимодействуем с сотнями брендов, стремимся обладать ими, знаем их отличительные особенности, однако бренд, с которым мы наиболее плотно соприкасаемся ежедневно – это мы сами, личность каждого из нас. С учетом развития персонализации и концепции маркетинга взаимоотношений, где в центре внимания – развитие отношений с клиентами и внутренними сотрудниками компании, рано или поздно мы все примеряем на себя роль товара особого рода – когда начинаем конкурировать с другими за определенную вакансию при приеме на работу, новый проект или повышение заработной платы, когда предлагаем свои услуги или товары, когда соревнуемся в профессиональных конкурсах и т. д. Такое положение вещей влечет за собой конфликт между уникальной и свободной личностью каждого человека, обладающей своими особенностями, и необходимостью участвовать в рыночных отношениях, часто обесценивающих внутренние установки, принципы, ценности и понятия человека. Однако совершенно отказаться от подобной роли особого товара, бренда, который оценивают компании и другие специалисты на рынке, в действительности современной жизни практически невозможно. Одним из решений данного вопроса может стать соединение как уникальных качеств личности, ее ценностей и опыта, так и требований рынка при помощи методов личного брендинга.

Тема персонального брендинга гораздо более изучена за рубежом, чем в России – так, масштабные работы, изучающие личный бренд, таких известных авторов и экспертов маркетинга и брендинга, как Т. Гэд, А. Розенкрейц, Ф. Котлер, И. Рейн, М. Хэмлин, М. Столлер, начали появляться уже в начале 2000-х годов. Интерес к вопросам персонального брендинга продолжает расти, что подтверждает, например, выход в марте 2018 года книги Ю. Саленбахера, посвященной также персональному бренду. В России же данный рынок только начинает развиваться, и данные Google Trends подтверждают повышение интереса как со стороны компаний, так и рядовых специалистов к этому вопросу. Работы российских авторов: Н. Зебры (В. Кирилловой), А. Рябых, В. Маковича, Л. Петрова, М. Васильевой, А. Надеина более сосредоточены на тактических, практических задачах персонального брендинга с точки зрения специалиста, занимающегося им самостоятельно, и не исследуют более системные вопросы, формирование универсального для интеллектоемких отраслей метода личного брендинга и весь спектр стратегического применения технологий брендинга личности. Таким образом, можно сделать вывод о недостаточной изученности методических вопросов стратегического формирования персонального бренда, отсутствии системного подхода в его создании и управлении, малая проработка возможных вариантов взаимодействия с другими возможными брендами в портфеле при наличии и

дальнейшего продвижения в соответствии с выработанной стратегией. В то же время растет запрос на услуги по личному брендингу со стороны специалистов и требования к их конкурентоспособности со стороны рынка. Таким образом, актуальность выпускной квалификационной работы, направленной на исследование существующих и разработку новых методов формирования персональных брендов на интеллектоемких рынках обусловлена, с одной стороны, недостаточной изученностью стратегических вопросов формирования личных брендов и управления ими на интеллектоемких рынках, а с другой стороны – растущей потребностью специалистов, представителей малого и среднего бизнеса, топ-менеджмента крупных компаний в профессиональном развитии персонального бренда, который бы отвечал реалиям рынка и потребностям целевых аудиторий, но в то же время сохранял их особенности как уникальных личностей с собственной системой ценностей и определенным опытом [1, 2].

Целью выпускной квалификационной работы стала разработка и апробация методов и инструментов формирования, и продвижения бренда личности на интеллектоемких рынках. Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- уточнить понятие бренда личности, исследовать типологию личностей, ведущих свою профессиональную деятельность на интеллектоемких рынках;
- выявить особенности брендинга личности и обосновать необходимость развития методов формирования бренда личности на интеллектоемких рынках;
- проанализировать существующие методы личностного брендинга и выявить необходимые направления их развития применительно к личностям, ведущим свою деятельность на интеллектоемких рынках;
- разработать метод формирования бренда личности и инструменты продвижения личностного бренда на интеллектоемких рынках;
- апробировать разработанный метод и инструменты на примере формирования и продвижения брендов личностей, ведущих свою деятельность на интеллектоемких рынках.

Объектом данной выпускной квалификационной работы являются личности, ведущие свою профессиональную деятельность на интеллектоемких рынках, а также компании, разрабатывающие персональные бренды на интеллектоемких рынках. Предметом выпускной квалификационной работы являются теоретические, методологические и прикладные вопросы, связанные с формированием и продвижением бренда личности на интеллектоемких рынках.

Теоретической и методологической основой данной выпускной квалификационной работы являются разработки российских и зарубежных авторов в области психологии личности (А. Н. Леонтьев, Дж. Келли, В. А. Ганзен, Л. Хьелл, Д. Зиглер), личного брендинга (Т. Гэд, А. Розенкрейц, Ф. Котлер, И. Рейн, М. Хэмлин, М. Столлер, Ю. Саленбахер, А. Рябых, Н. Зебра, В. Макович, Л. Петров, М. Васильева, А. Надеин, Е. Кононова) и стратегического бренд-менеджмента (К. Л. Келлер, А. В. Корзун, Ф. Котлер, Д. Аакер).

Научная новизна выпускной квалификационной работы заключается в следующем:

1. Обоснована актуальность формирования бренда личности на интеллектоемких рынках и развития методов брендинга в данной области.
2. Посредством применения моделей товаров и брендов проанализирована специфика личности как товара особого рода, а также особенности бренда личности.
3. Предложены (уточнены) понятия «интеллектоемкий рынок», «личный бренд», «стратегия личного брендинга» с учетом специфики выбранной сферы.
4. Предложена типология стратегий личного брендинга на интеллектоемких рынках.
5. Предложен и апробирован метод формирования бренда личности на

интеллектоемких рынках, основанный на соединении подробного изучения личности и технологий брендинга и совмещающий как особенности личности специалиста, так и требования интеллектоемкого рынка, включая алгоритм формирования персонального бренда и модель формирования идентичности бренда личности.

6. Предложены инструменты продвижения личностных брендов на интеллектоемких рынках.

Теоретическая значимость результатов выпускной квалификационной работы заключается в развитии технологий личного брендинга, применяющихся в России, и более глубоком изучении специфики применения методов и инструментов брендинга на интеллектоемких рынках в целом.

Практическая значимость вышеописанных результатов состоит в перспективе использования предлагаемого метода и моделей в работе маркетинговых, брендинговых, консалтинговых агентств, а также в деятельности внутренних отделов маркетинга компаний, действующих на интеллектоемких рынках.

Предложенный в работе метод, соединяющий глубокое изучение специфики брендируемой личности и технологий брендинга, включает в себя авторские модели формирования идентичности и анализа бренда личности, а также алгоритм их использования. Данный метод был апробирован в процессе работы на трех практических кейсах, раскрывающих различные варианты стратегий личного брендинга и охватывающих разные примеры интеллектоемких рынков: были рассмотрены моделирование инновационного бизнеса на рынке брендинга Санкт-Петербурга, стратегия формирования нового личного бренда специалиста на рынке венчурного инвестирования в России и стратегия продвижения компании с использованием технологий личного брендинга на рынке защиты интеллектуальной собственности и стратегического консалтинга. Данные рынки были выбраны в качестве апробационных, так как на них, по оценкам экспертов, высока роль личности, а также они отвечают критериям интеллектоемкого рынка в целом.

Разработанный метод формирования бренда личности на интеллектоемких рынках, в основу которого легли теория личности А. Н. Леонтьева и теория личностных конструктов Дж. Келли, позволяет учесть как меняющуюся ситуацию рыночных условий, так и опыт и специфику самого специалиста, который выступает в качестве объекта брендирования. Полученные в процессе написания выпускной квалификационной работы выводы и результаты можно кратко охарактеризовать следующим образом:

1. В результате анализа зарубежной и российской литературы, посвященной теме личного брендинга, а также изучения социальных и экономических тенденций, наиболее сильно влияющих на российский рынок, была обоснована актуальность формирования бренда личности на интеллектоемких рынках и развития методов брендинга в данной области.
2. Посредством применения моделей товаров и брендов проанализирована специфика личности как товара особого рода, а также особенности бренда личности, которые заключаются в необходимости учета ценностей, опыта, особенностей характера, поведения, целей личности как «объекта и субъекта социальных отношений и исторического процесса, проявляющий себя в общении, в деятельности, в поведении».
3. Сформирована карта понятий, используемых в разработанном методе, предложены (уточнены) понятия «интеллектоемкий рынок», «личный бренд», «стратегия личного брендинга» с учетом специфики выбранной сферы.
4. Разработана типология стратегий личного брендинга на интеллектоемких рынках, включающая два основных направления: стратегия личного брендинга специалиста,

ведущего свою профессиональную деятельность, и стратегия продвижения компании при помощи технологий личного брендинга. В рамках каждого из направлений на практических кейсах компаний, действующих на интеллектоемких рынках, было апробировано по одной из наиболее часто используемых стратегий: стратегия нового личного бренда, основанного только на личности, и стратегия использования личного бренда в качестве «серебряной пули» для продвижения компании на интеллектоемком рынке.

5. В результате анализа существующих методов персонального брендинга, их преимуществ и недостатков, а также направлений их развития, предложен и апробирован метод формирования бренда личности на интеллектоемких рынках, основанный на соединении подробного изучения личности и технологий брендинга и совмещающий как особенности личности специалиста, так и требования интеллектоемкого рынка, включая алгоритм формирования персонального бренда и модель формирования идентичности бренда личности.
6. По итогам апробирования предлагаемого метода формирования бренда личности на интеллектоемких рынках в качестве инструмента продвижения компаний данный метод был предложен как эффективный и обладающий перспективой создания уникального стратегического преимущества компании, а также разработана модель, позволяющая выбирать наиболее подходящую для конкретного портфеля брендов комбинацию взаимоотношений брендов в рамках одного портфеля [3 – 5].

Таким образом, разработанный метод формирования бренда личности и модели анализа личности и формирования идентичности бренда имеют перспективы эффективного использования в рамках практической деятельности маркетинговых, брендинговых агентств, а также внутренних отделов маркетинга, и составляют значительный вклад в развитие методов личного брендинга на интеллектоемких рынках в России.

Литература

1. Аакер Д. Создание сильных брендов / Пер. с англ. – М.: Издательский Дом Гребенникова, 2003. – 340 с.
2. Гэд Т., Розенкрейц А. Создай свой бренд / Пер. с англ. – М.: Издательский Дом Гребенникова, 2007. – 224 с.
3. Келлер К.Л. Стратегический бренд-менеджмент: создание, оценка и управление марочным капиталом. – М.: Вильямс, 2005. – 704 с.
4. Келли Дж. Психология личности: Теория личных конструктов. – СПб.: Речь, 2000. – 256 с.
5. Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. – М.: Политиздат,1975. – 119 с.



Валишев Андрей Александрович
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов
и консервирования холодом,
группа № Т 4210
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания
животного происхождения
e-mail: andrey_valishev@mail.ru

УДК 614.971.001.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИМИКРОБНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ СТАРОГО И НОВОГО ПОКОЛЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.А. Валишев
Научный руководитель – д.т.н., доцент С.В. Мурашев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 196405 «Сравнительный анализ эффективности антимикробного действия дезинфицирующих средств старого и нового поколений, применяемых на мясоперерабатывающих предприятиях».

Мясо – это туша или часть туши, полученная от убоя скота, представляющая совокупность мышечной, жировой, соединительной и костной (или без неё) тканей. К мясу относят также мускулатуру головы, диафрагму, мышечную прослойку пищевода (пикальное мясо).

Мясопродукты – продукты, получаемые из мяса, путем механической обработки температурной обработкой, добавления вспомогательных ингредиентов [1, 2].

Польза мяса и мясопродуктов в питании человека заключается в легкой усвояемости питательных веществ, которые входят в их состав. Мясо и мясные продукты являются наиболее полезными в рационе человека [2]. Однако они могут стать источниками патогенных микроорганизмов, которые могут существенно влиять на внешний вид, цвет, запах, вкус и консистенцию мясопродуктов [3, 4].

В настоящее время для обеспечения микробиологической безопасности и доброкачественности продукции на мясоперерабатывающих предприятиях используется система ХАССП. ХАССП – концепция, предусматривающая систематическую идентификацию, оценку и управление опасными факторами, существенно влияющими на безопасность мяса и мясной продукции.

Эта система обеспечивает контроль на всех этапах производства мясных продуктов и мяса, любой точке процесса производства, хранения и реализации мясной продукции, где могут возникнуть опасные ситуации и используется предприятиями-производителями мясной продукции.

Для обеспечения производства должным уровнем санитарной безопасности и снижения рисков микробиологического загрязнения согласно концепции ХАССП на мясоперерабатывающих предприятиях должна проводится плановая профилактическая дезинфекция [5].

Целью исследования было выявление отличий и преимуществ дезинфицирующих средств нового поколения перед средствами старого поколения и определение эффективности антимикробного действия этих средств.

Объектами исследования стали дезинфицирующие средства 0,2% раствор

хлорной извести, Макси-Дез и Бопаг-Д; куттер, формовочный шприц и чашки Петри, обработанные средствами нового и старого поколений.

Методы исследования:

1. Микробиологическое исследование взятых до и после смывов с оборудования: чаши куттера и механического шприца.
2. Микроскопия мазков, приготовленных из выросших колоний
3. Сопоставление результатов дезинфекции.

Хлорная (белильная) известь – порошок белого или сероватого цвета, с четким запахом хлора.

Для проведения дезинфекции приготовили 10%-ный осветленный раствор хлорной извести.

Рабочие растворы хлорной извести используют в течение одного дня. Из этого следуют, что 0,2%-ный раствор хлорной извести применяется для дезинфекции посуды, инвентаря и рук персонала; 0,2–0,5%-ные – для обработки оборудования; 1%-ный раствор – для дезинфекции помещений (полов, стен, дверей) [6].

Макси-Дез – дезинфицирующие средство в виде зеленой жидкости, предназначенное для мойки и профилактической дезинфекции различного оборудования, трубопроводов, деталей разбираемых машин и установок, инвентаря и тары, а также рабочих поверхностей в помещениях мясоперерабатывающих предприятий [7].

Биопаг-Д – дезинфицирующий препарат, который предназначен для обработки рабочих поверхностей, стен, полов производственных помещений, наружных частей аппаратов, съемных деталей оборудования. Средство используется для борьбы с плесневыми грибами [8].

Дезинфекция – это комплекс действий, который направлен на уничтожение патогенных микроорганизмов и разрушение их токсинов на объектах, поверхностях и оборудовании мясоперерабатывающего предприятия.

Дезинфекция на мясоперерабатывающих предприятиях является важной частью производственного цикла. Однако многие дезинфицирующие средства «старого» поколения не отвечают сегодняшним требованиям. При их использовании требовалось предварительно обезжирить поверхность щелочными моющими растворами, выдержать их определенное время и промыть горячей водой. Затем следовало нанести дезинфицирующее средство и выдержать долгую экспозицию. Это требовало дополнительных затрат воды и приводило к простою оборудования. Многие средства старого поколения, такие, как хлорная известь, запрещены для использования на пищевых предприятиях из-за неблагоприятного воздействия на здоровье человека, вызывают коррозию оборудования и рабочих поверхностей [9]. Кроме того неблагоприятно воздействуют на экологическое состояние. Современные средства для дезинфекции на основе ЧАС могут совмещать моющие и дезинфицирующие свойства, что позволяет экономить воду, время экспозиции занимает не более 30 мин. Они полностью удаляются водой не вызывают коррозию оборудования и не оказывают пагубного воздействия на организм человека.

Раствор Макси-Дез приготовили с расчетом получения концентрации рабочего раствора 2%. Дезинфекцию оборудования чаши куттера провели путем орошения и протирания 2%-ным раствором средства «Макси-Дез». Экспозиция составила 10 мин, затем куттер промыли холодной водой в течение 10 мин [7].

«Биопаг-Д» применили в концентрации 0,2 % раствора в воде с температурой 50°С. Экспозиция составила 15 мин. После дезинфекции фаршеемкости шприца его сполоснули проточной водой от остатков дезинфицирующего средства в течение 10 минут (рисунок) [8].

Эксперимент был проведен согласно следующей схеме:



Рисунок. Эксперимент

Перед и после проведения дезинфекции были взяты смывы с поверхностей чаши и стенки фаршеемкости механического шприца. Смывы с чаши куттера и формовочной емкости гидравлического шприца брали с поверхности в 100 $см^2$, для ограничения поверхностей использовали трафарет [10]. После взятия смывов произвели посевы с помощью бактериальной петли на среду Кеслер для определения бактерий группы кишечной палочки, селенитовый бульон – для сальмонелл и солевой бульон – для стафилококков. Кроме того, сделали посевы на МПА для определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

Затем посевы поместили в термостат при температуре 37ºС на 24 часа.

Сделали пересев на плотные элективные среды (Эндо, Плоскирева и Сабуро) для подтверждения роста сальмонелл, стафилококков, дрожжей и актиномицет. Выросшие колонии затем проверили с помощью микроскопа [11].

Выводы по работе:

1. Выявлено, что дезинфицирующие средства на основе ЧАС эффективно справляются со своей задачей по обеспечению должного качества дезинфекции.
2. Установлено, что 0,2 %-ный раствор хлорной извести в качестве дезинфицирующего средство проявил себя неудовлетворительно, т.к. на среде Эндо и среде Плоскирева выросли колонии энтеробактерий. В мазках с этих колоний обнаружены грамотрицательные палочки. На мясопептонном агаре выросли колонии актиномицет. На агаре Сабуро выросли колонии дрожжей. Данные о колониях были подтверждены микроскопией
3. Обнаружили, что средство «Макси-Дез» обладает самым эффективным дезинфицирующим действием против БГКП, стафилококки и сальмонеллы. Однако не очень качественно действует против дрожжей и плесневых грибов.

4. Выяснено, что современные средства обладают широким спектром действия против патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Легко удаляются водой, не имеют резких запахов, которые адсорбируются мясом и мясными продуктами.
5. Не имеют влияния на состояние оборудования и рабочих поверхностей. Подходят для дезинфекции крупного оборудования (куттер, формовочный аппарат), посуды и инструментов.
6. Некоторые препараты, такие как «Макси-Дез» позволяют одновременно проводить мойку и дезинфекцию, что экономит финансовые ресурсы, а также значительно сокращает затраты воды и электроэнергии за счет использования средств в низких концентрациях и при низких температурных режимах.
7. Исследования показали, что «Биопаг-Д» эффективно борется против грамотрицательной и грамположительной микрофлоры. Отлично действует против плесневых грибов, дрожжей и актиномицет в концентрации 5%. Однако его можно использовать только как дезинфицирующее средство.
8. В ходе проведения исследования выявили, что совместное использование средств «Макси-Дез» и «Биопаг-Д» снижает качество и эффективность проведенной дезинфекции.
9. При изучении выяснилось, что частое использование дезсредств на основе ЧАС может привести к появлению устойчивой микрофлоры. Кроме того, при разложении препаратов может выделятся аммиак.

Литература

1. Технический Регламент Таможенного Союза «О безопасности мяса и мясных продуктов» ТР ТС 034/2013.
2. Позняковский В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность учеб.-справ. Пособие. – Саратов: изд. «Вузовское образование», 2014 – 527 с.
3. Мурашев С.В., Шерзоди Ш. Особенности физико-химических и механических процессов формирования фарша для вареных колбасных изделий //Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 2 (28). С. 54-62.
4. Архангельская П.А., Мурашев С.В. Натуральные колбасные оболочки: характеристика, подготовка, дефекты, термообработка// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1. С. 16.
5. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Кочеровец В.И. и др. Промышленная дезинфекция и антисептика: учебное пособие для ВУЗов – СПб, 2008.
6. Инструкция №5/12 по применению дезинфицирующего средства «Известь хлорная» от 2012.
7. Инструкция 32/09 по применению дезинфицирующего средства «Макси-Дез» на предприятиях мясной промышленности
8. Инструкция №7/10 по применению средства дезинфицирующего "Биопаг-Д" на предприятиях мясной промышленности
9. Ушакова В.Н. Мойка и дезинфекция. Пищевая промышленность, торговля общественное питание/ Ушакова В.Н. – СПб.: Профессия, 2009. – 286 с.
10. Инструкция по санитарной обработке технологического оборудования на предприятиях мясной промышленности (утв. 14.01.2003)
11. Госманов Р.Г., Колычев Н.М., Кабиров Г.Ф. и др. Санитарная микробиология пищевых продуктов: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2015.



Гарбуз Семён Александрович
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.03 – Биотехнология продуктов питания функционального назначения
e-mail: Cboma@bk.ru

УДК 637

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

С.А. Гарбуз
Научный руководитель – д.т.н., профессор, Л.А. Забодалова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615872 «Биотехнология поликомпонентных продуктов питания функционального и специального назначения».

Введение

Белки – основные структурные и функциональные компоненты живой клетки. Они выполняют множество функций, включая каталитическую, механическую, транспортную, защитную, регуляторную и т. д. Белки поступают в организм с пищей, а в желудке, под действием желудочных панкреатических протеаз они распадаются на пептиды и отдельные аминокислоты. Помимо питательной ценности, то есть функции источника аминокислот, некоторые пищевые белки способны опосредованно играть в организме и более специфическую биологическую роль. Одним из примеров специфичности может служить наличие биологически активных пептидов, образующихся под действием протеаз из белков. В организме животных пептиды часто играют роль гормонов и катализируют некоторые специфические реакции. Посредствам реакции гормон-рецептор они образуют сигнальные каскады и осуществляют свои функции в отношении регуляции метаболизма, пептиды способны катализировать секрецию желез, понижать или повышать артериальное давление и даже влиять на процессы роста и развития организма. Некоторые фрагменты белка способны передавать специфический сигнал нервной системе. Большая часть пептидных гормонов вовлечена в гипоталамическую гормональную систему. Наиболее известным примером биологически активных пептидов является инсулин [1 – 3].

Цель работы:

Получение биологически активных пептидов, путем гидролиза молочных белков.

Задачи работы:

1. Провести гидролиз белков молока с целью получения наибольшего количества низкомолекулярных пептидов.
2. Отделить биологически активные пептиды от негидролизованной фракции.
3. Оценить антиоксидантную активность пептидов.

Результаты

Таблица 1

Результаты эксперимента по оптимизации условий гидролиза

№ опыта п/п	Продолжительность, ч.	Наличие перемешивания, 150 об/мин	Результаты, у.е.
1	12	-	100+-3
2	12	+	105+-5
3	18	-	105+-8
4	18	+	108+-2
5	24	-	104+-3
6	24	+	125+-1
7	30	-	118+-8
8	30	+	118+-4
9	36	-	125+-7
10	36	+	130+-5

Из этих данных видно, что при любом времени ферментации при перемешивании достигается больший выход низкомолекулярной фракции, что, на наш взгляд, объясняется большим числом контактом фермента и субстрата. Как следствие, перемешивание необходимо для получения наибольшего количества биологически активных пептидов.

Также, из табл. 1 видно, что если не брать в расчет погрешность, то максимальный выход пептидов достигается при наибольшем времени ферментации, что можно объяснить также большим количеством взаимодействий фермента с белком. Однако, если учесть рассчитанные погрешности, можно заметить, что выход при 30 и 36 часах может быть не выше, чем при 24 часах, но увеличивает время ферментации на 6 и 12 часов соответственно. Наиболее вероятно, что это связано с недостатком искомых связей в белках молока. Поскольку закончились связи, на которые спецефически воздействует фермент, то продолжать гидролиз дальше не имеет смысла. А если взять в расчет увеличение длительности процесса и, как следствие, удорожание, то гидролиз в течении 24 часов и при наличии перемешивания можно считать наиболее эффективным и экономически обоснованным методом получения биологически активных пептидов.

Разделение пептидов с помощью Vivaspin 20

С помощью источников литературы нами был подобран фильтрующий модуль Vivaspin 20, который представляет из себя центрифужную пробирку объемом 50 мл с молекулярным ситом посередине, диаметром пор 20кДа. Через данное сито проходят пептиды от 1 до 20 аминокислот, но задерживаются белки.

Нами была проведена серия выделений пептидов по данной технологии и была получена смесь пептидов в нативном растворе, предположительный размер пептидов от 1 до 20 аминокислотных остатков.

Для проверки точности разделения ретентат был запущен на ранее описанную колонку с сорбентом Sephadex g-15. Полученная в результате разделения ретентата хроматограмма представлена на рисунке.

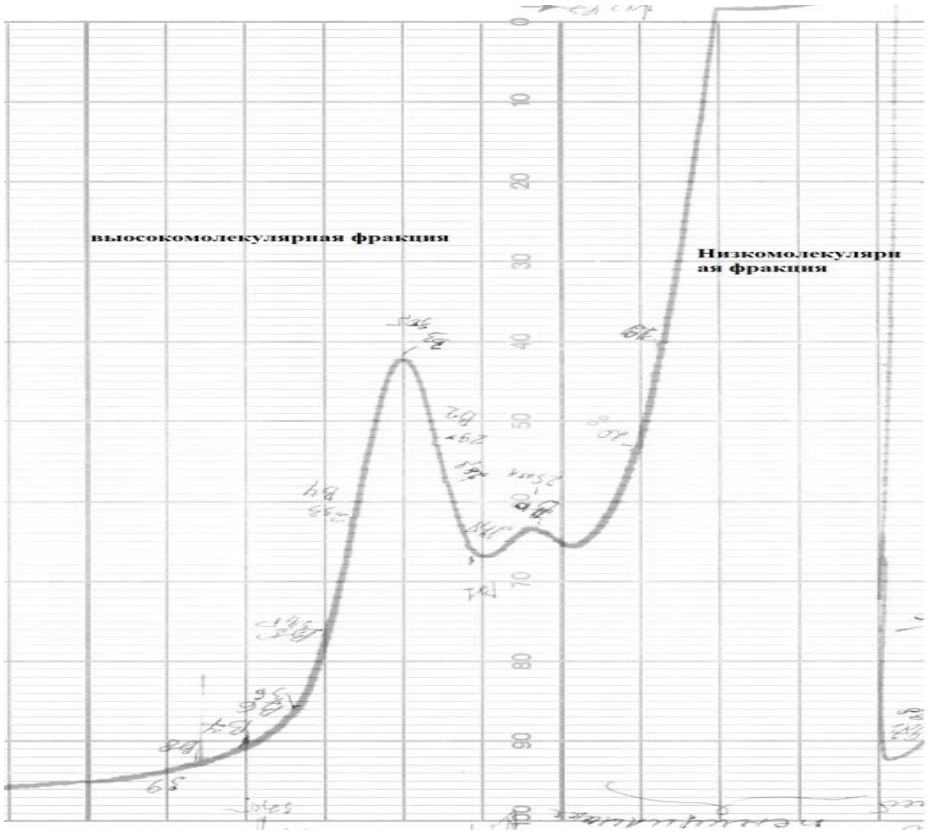


Рисунок. Хроматограмма ретентата, полученного на Vivaspin 20

Как видно из хроматограммы, были получены два пика, первый – небольшой – пептиды размером 15-20 аминокислотных остатков, которые проходят через мембрану Vivaspin, но не задерживаются в колонне, а второй – низкомолекулярная фракция пептидов, размером 1-15 аминокислот, которые прошли через мембрану, а дальше задержались в хроматографической колонне.

Таким образом мы пришли к выводу, что разделение с помощью фильтрующих модулей Vivaspin 20 не только ускоряет процесс с 20 часового разделения до 10 минутного центрифугированию при 10g/минуту, но также позволяет собрать фракцию 15-20 аминокслотных остатков, которая, согласное литературным источникам, также обладает функциональной активностью. В дополнении к вышеописанным преимуществам новой технологии разделения молочная смесь (все соли, микроэлементы, вода) из молока проходит через молекулярное сито и пептиды остаются в нативном растворе, что однозначно положительно влияет на их стабильность.

Недостатком данной технологии является высокая стоимость – около 100 евро за центрифужную пробирку, но, с учетом нагрузки на сито до 10 грамм белка есть возможность использовать трехкратно данную пробирку без потери точности разделения. Помимо трехкратного использования, производитель сообщил, что есть возможность регенерации данного сита. После трех циклов использования фильтрующего модуля молекулярное сито считается забитым, однако, если перевернуть сито в обратную сторону, загрузить в пробирку 0,5 NaOH фильтрат, оставшийся на сите и забивший его денатурирует и освободит сито для дальнейшего использования.

Таким образом, нам удалось сократить время выделения пептидов в более чем 100 раз, а также минимизировать финансовые потери при использовании более дорогой технологии очистки.

Таблица 2

Антиоксидантная активность

	Время, мин								
К	0,059	0,106	0,230	0,269	0,302	0,335	0,367	0,395	0,425
$С_{ср}$	0,186	0,200	0,164	0,151	0,146	0,154	0,125	0,146	0,114
$АОА_С$			28,7	43,9	51,7	54,0	65,9	63,0	73,2
$П_{ср}$	0,223	0,247	0,278	0,286	0,287	0,256	0,259	0,287	0,270
$АОА_П$					5,0	23,6	29,4	27,3	36,5

Согласно табл. 2, ни один из антиоксидантов не начинает действовать мгновенно, первые 2, а в случае с пептидами 4 минуты антиоксидантная активность отрицательная, однако уже через несколько минут происходит существенно снижение оптической плотности, что свидетельствует о наличии антиоксидантной активности.

Витамин С, как и следовало ожидать, снижает аутоокисление на 75%, т.е. практически полностью останавливает его. Биологически активные пептиды снижают на 36,5%, что в сравнении с витамином не так много, однако если сравнить с результатами других работа по другим антиоксидантам, например, чесноку, который показывает около 25% весьма существенно.

Вышеописанные результаты дают четкое представление о наличии антиоксидантной активности и расширяют возможный спектр применения пептидов, полученных гидролизом молочных белков [4 – 6].

Области применения

Оптимизированный процесс гидролиза молочных белков ферментативным препаратом Панкреатином может быть использован как для производства пептида, обладающего антиоксидантными свойствами, так и для дальнейшего изучения этих пептидной фракции, которая не ограничивается одним типом активности, а обладает целым спектром, что представляет высокий научный интерес к дальнейшему изучению их функций.

Подобранный размер колонки, условия проведения фильтрации, материал, используемый в качестве носителя, может быть также применен как в промышленном производстве пептида, так и для дальнейших исследований.

Очищенный пептид, представляет совершенно четкую область применения, хоть и достаточно обширную. Он может быть лиофильно высушен и использован в качестве пищевой добавки к продуктам, в результате чего будет увеличина продолжительность хранения. А также пищевая добавка будет связывать свободные радикалы в организме человека, что необходимо для людей, которые в силу профессии или условий окружающей среды подвержены повышенном образованию таких радикалов.

Литература

1 Получение пептидов молока, обладающих биологической активностью / Гарбуз С.А., Забодалова Л.А./ Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание, Университет ИТМО, 2018 http://kmu.ifmo.ru/collections_article/6878/poluchenie_peptidov_moloka,_obladayuschih_biologicheskoy_aktivnostyu.htm
2 Биологически активные пептиды: получение и оценка активности/ Гарбуз С.А., Забодалова Л.А./ Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание, Университет ИТМО, 2017 http://kmu.ifmo.ru/collections_article/6878/poluchenie_peptidov_moloka,_obladayuschih_biologicheskoy_aktivnostyu.htm
3 Способ производства идролизованного молока: пат. 2225122 РФ, МПКА 23С9/00, 9/13, А 23 J 3/08 / Ю.Я.Свириденко, Г.Д.Перфильев, Г.М.Свириденко, Д.В.Абрамов, М.П.Кангин; ВНИИМС. – Noa2001135054/13; заявл.26.12.2001; опубл.10.03.2004 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2004. – No7.
4 The antigenic response of β-lactoglobulin is modulated by thermally induced aggregation / N. Kleber [et al.] // Eur. Food Res. Technol. – 2004. – Vol.219. – P.105–110.
5 Paschke, A. Stability of bovine allergens during food processing / A. Paschke, M. Besler // Ann. Allergy Asthma Immunol. – 2014. – Vol.89. – P.16–20.
6 Comparative study of in vitro digestibility of food proteins and effect of preheating on the digestion / K. Takagi [et al.] / Biol. Pharm. Bull. – 2003. – Vol.26, No7. – P.969–973.



Елсуков Артем Игоревич
Год рождения: 1994
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № N4260
Направление подготовки: 11.04.03 – Конструирование
и технология электронных средств
e-mail: artemdeimon@gmail.com

УДК 621.39.001.63, 621.391.1.037.37

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ

А.И. Елсуков
Научный руководитель – д.т.н., доцент А.Ю. Гришенцев

Введение

Данное исследование посвящено разработке приемопередающей системы широкополосной связи скрытой подшумовой передачи радиосообщений. Широкополосная сигналы [1] это сигналы, характеризующиеся тем, что $WT > 1$, где W - полоса частот, занимаемая сигналом, T - длительность сигнала. Актуальность работы обусловлена: во-первых, необходимостью формирования защищенных каналов связи [2] и, во-вторых, необходимостью разработки методов связи, осуществляющих передачу в условиях значительной загрузки радиоэфира. Формирование защищенного канала связи в работе осуществляется за счет скрытия передаваемого сигнала в шумах радиоэфира.

Целью исследования является разработка приемопередающей системы широкополосной скрытой передачи сообщений. В данной работе были выделены следующие задачи, которые необходимо решить:

- поиск кодирующих комплексных матриц с особой формой автокорреляционной функции;
- совершенствование метода синхронизации приемопередающей системы «грубо-точно» с целью снижения потребления вычислительных ресурсов;
- моделирование приемопередающей системы;
- исследование математической модели приемопередающей системы.

Математическая модель приемопередающей системы.

В работе были разработаны алгоритмы и методы отыскания, а так же произведены исследования комплексных матриц с особой формой автокорреляционной функции (АКФ). В этих работах была показана перспективность их применения для формирования широкополосных сигналов с качественной автокорреляционной функцией, у которых главный пик в центральной части характеризуется достаточно узкой шириной при высоком соотношении его пикового значения с уровнем боковых лепестков. Данные матрицы характеризуются тем, что их АКФ имеет максимальное вещественное значение в центре, а боковые значения являются комплексными числами. Центральный пик АКФ комплексной матрицы, будет сильнее превышать вещественные значения боковых лепестков в сравнении с АКФ вещественных матриц [3].

Для приемопередающей системы были найдены две комплексные матрицы Q1 (1), Q2 (2) с особой формой АКФ для формирования алфавита передаваемых сообщений, который имеют следующий вид:

$$\mathbf{Q}_1 = \begin{bmatrix} j & \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{j}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{j}{\sqrt{2}} & -j \\ \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & 1 & -j \\ -1 & \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{Q}_3 = \begin{bmatrix} -j & -\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{j}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & -j \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{j}{\sqrt{2}} & -1 & j \\ -1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{j}{\sqrt{2}} & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

На основе комплексной матрицы Q, образованной U строками и L столбцами, соответствующий сигнальный символ описывается выражением:

$$s(t) = \sum_{a=1}^{U} \left[\mathrm{Re}(Q_{ax}) \cos\left(\frac{2\pi f_0 at}{L} \right) + \mathrm{Im}(Q_{ax}) \sin\left(\frac{2\pi f_0 at}{L} \right) \right] \quad (3)$$

где f_0 – опорная частота, T – длительность сигнального символа, $x = \left\lceil \frac{tU}{T} \right\rceil$, $f_0 = \frac{L}{T}$.

Блок-схема разрабатываемой приемопередающей системы [4] представлена на (рис. 1).

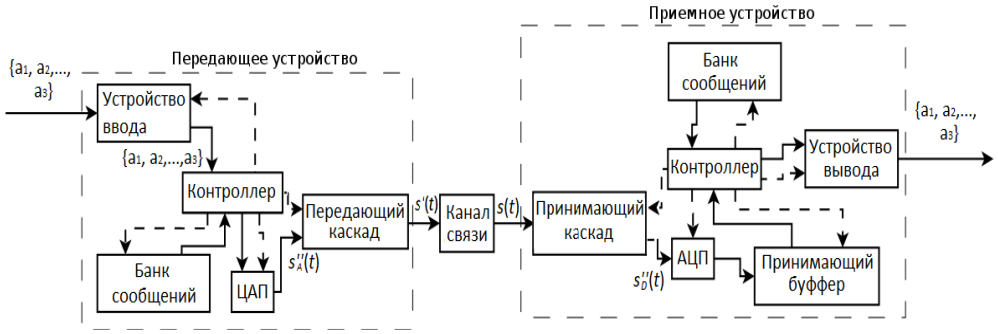


Рис. 1. Блок схема приемопередающей системы. Пунктирные стрелки – направление управления, сплошные стрелки – направление передачи данных

Передающее устройство управляется контроллером, в задачи которого входит считывание текущего кодового символа с устройства ввода, принадлежащего множеству алфавита кодовых символов $A = \{a_1, a_2, \mathrm{K}, a_M\}$. После получения кодового символа, контроллер производит выбор эквивалентного полученному кодовому символу сигнала из банка сигнальных символов, содержащего алфавит сигнальных символов $L = \{l_1[n], l_2[n], \mathrm{K}, l_M\}$.

Таким образом, реализуется преобразование последовательности кодовых символов в последовательность сигнальных символов. В результате формируется непрерывный поток дискретных сигнальных символов, который направляется в цифро-

аналоговый преобразователь (ЦАП). ЦАП преобразует входной дискретный поток сигнального сообщения в непрерывный аналоговый сигнал $s''_A(t)$. После чего $s''_A(t)$ передается через передающий каскад, где он фильтруется и усиливается, в канал связи ($s'(t)$ – сигнал на выходе передающего каскада).

Канал связи вносит специфические для него помехи в сигнал $s'(t)$, формируя на выходе сигнал $s(t)$, который поступает в принимающий каскад приемного устройства. В задачи приемного устройства, все узлы которого управляются контроллером, входит прием и распознавание полученного сигнала из канала связи. Принимающий каскад осуществляет фильтрацию и усиление входного сигнала, формируя на выходе сигнал $s''_D(t)$, который оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и сохраняется в принимающем буфере. В приемном устройстве осуществляется синхронизация и распознавание сигнальных символов, которые реализуется контроллером. В работе был усовершенствован метод синхронизации, основанный на предварительной грубой и последующей точной [1], в результате чего был получен метод синхронизации скользящего окна [5], который реализуется в приемном устройстве. Распознавание сигнала в приемном устройстве осуществляется за счет расчета метрик сходства [1] с выбранным сигнальным символом из банка сигнальных символов, содержащего все символы алфавита $L(t)$. Таким образом, реализуется обратное преобразование сигнала принятого с канала связи в кодовый символ, принадлежащий алфавиту A.

Результаты исследования математической модели

В работе было произведено исследование реализации математической модели в среде Simulink (Matlab) [6] приемопередающей системы работающей в режиме грубой синхронизации при искажении сигнала различными типами помех. На (рис. 2) представлены результаты проведенного экспериментального исследования математической модели приемопередающей системы при искажении сигнала аддитивным белым гауссовым шумом в канале связи (АБГШ).

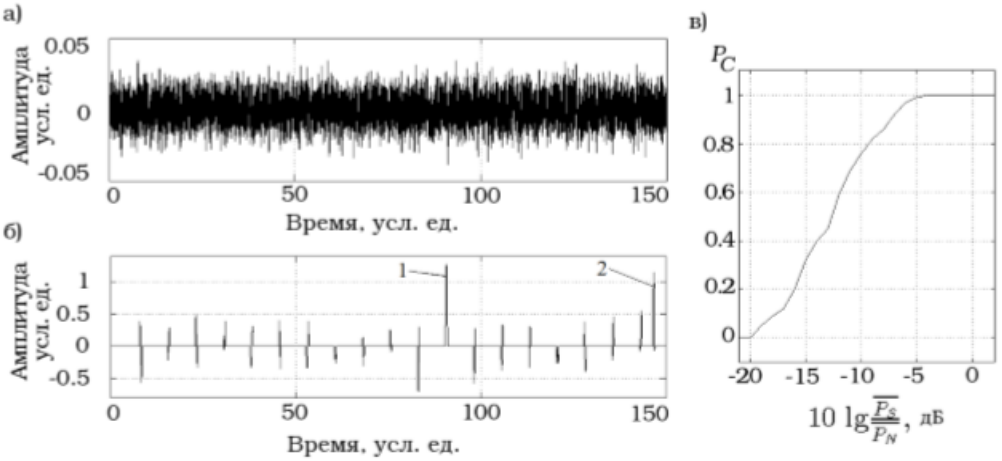


Рис. 2. Результаты моделирования адаптивной синхронизации методом смещенного окна при наложении АБГШ на передаваемый сигнал: а – принимаемый сигнал с наложенным аддитивным белым гауссовым шумом, с соотношение сигнал-шум – 5 дБ; б – сигнальные последовательности результатов вычисления ВКФ при синхронизации; 1 – пиковое значение ВКФ принятого сигнала с сигнальным символом синхронизации; 2 – пиковое значение ВКФ принятого сигнала с сигнальным символом конца синхронизации

Графики (а) и (б) нормированы делением на значение количества отсчетов, в – зависимость вероятности успешной синхронизации P_C от соотношения сигнал шум $\frac{\overline{P}_S}{\overline{P}_N}$.

В работе также было произведено исследование математической модели приемопередающей системы при искажении передаваемого сигнала в канале связи мультипликативной помехой. Исследования показали, что приемопередающая система способна успешно осуществлять синхронизацию приемопередающей системы.

В работе было произведено исследование математической модели приемопередающей системы при искажении сигнала двулучевым распространением сигнала. Данное исследование включало в себя моделирование в канале связи помехи образованной суммой двух составляющими передаваемого сигнала, между которыми была задана разность фаз. Также исследование включало в себя моделирование помехи, при которой реализовывалась резкая смена фазы передаваемого сигнала.

Заключение

В данном исследовании была произведена разработка приемопередающей системы. Для формирования алфавита сигнальных сообщений в работе был осуществлен синтез множества матриц размерностью 3×4, относящиеся к классу комплексных матриц с особой формой автокорреляционной функции. Из этого синтезированного множества были выбраны четыре матрицы, на основе которых были сформированы четыре широкополосных сигнала. В работе была построена математическая модель приемопередающей системы широкополосной связи скрытой подшумовой передачи радиосообщений. Полученная модель включает в себя математическую модель передающего устройства, канала связи и приемного устройства.

Разработанная математическая модель приемопередающей системы была исследована при искажении сигнала различными типами помех. Результаты исследований показали, что:

- система способна осуществлять синхронизацию и передачу данных при мощности аддитивного белого гауссова шума в несколько раз превышающего мощность полезного сигнала. При соотношении сигнал-шум -5 дБ и выше вероятность успешной синхронизации и передачи данных сохраняется на уровне 99%;
- система способна осуществлять синхронизацию при искажении полезного сигнала мультипликативной помехой; система способна осуществлять синхронизацию при многолучевом распространении сигнала, и успешно адаптироваться к резким изменениям фазы полезного сигнала в процессе передачи данных.

Литература

1. Ipatov P. Spread Spectrum and CDMA. Principles and Applications. Wiley, 2004. – 373
2. Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. – М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.: ил.
3. Гришенцев А. Ю., Коробейников А. Г. Алгоритм поиска, некоторые свойства и применение матриц с комплексными значениями элементов для стеганографии и синтеза широкополосных сигналов // Журнал радиоэлектроники №5, 2016. URL: http://jre.cplire.ru/jre/may16/11/text.pdf
4. Гришенцев А. Ю., Елсуков А. И., Коробейников А. Г., Сидоркина И. Г., Разработка и модельная реализация приемопередающего устройства скрытого подшумового обмена широкополосными радиосообщениями // Вестник Чувасшкого университета. – 2017. – №3. – С. 195-206.

5. Гришенцев А.Ю., Елсуков А.И. Адаптивная синхронизация в системах скрытой широкополосной связи // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. №4. С. 640-650. doi: 10/17586/22261494-17-4-640-650
6. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с.



Набиуллина Резида Даниловна
Год рождения: 1994
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптической физики и современного естествознания,
группа № V4235
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника
и оптоинформатика
e-mail: rezida2105@mail.ru

УДК 535.33 + 535.34

ПЛАЗМОН-ЭКСИТОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЕ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ И J-АГРЕГАТОВ ЦИАНИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Р.Д. Набиуллина
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.А. Старовойтов

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур»

Исследование плазмон-экситонного взаимодействия привлекает большой интерес благодаря возможности применения таких гибридных структур в области спектроскопии, а также для создания плазмонных лазеров [1]. Взаимодействие плазмона и экситона широко исследовано от режима слабого до режима сверхсильного взаимодействия. В спектрах поглощения и флуоресценции образцов сильное взаимодействие проявляется в виде спектрального провала в максимуме полосы J-агрегатов. Важной особенностью красителей является способность формировать агрегаты молекул, обладающие нелинейными свойствами. Экспериментально показано, что при добавлении к положительно заряженным цианиновым красителям в растворе отрицательно заряженных наночастиц золота наблюдается образование J-агрегатов на поверхности металла за счет электростатического взаимодействия [2]. Сильное взаимодействие экситона и плазмона приводит к формирования гибридного состояния, которое получило название плекситон. В таком состоянии экситон немагнитной органической молекулы может приобретать магнитные свойства плазмона, что позволяет использовать гибридные структуры для химического и биологического детектирования [3]. Было проведено много исследований в коллоидных растворах [4 – 5], являющиеся хорошими модельными объектами для исследований, но для практического использования следует применять сухие твердотельные образцы, обладающие большей термической и фотостабильностью при комнатных условиях. Помимо этого, в этих работах оптические свойства таких материалов не носили системный характер, который бы отслеживал влияние размера молекулы на формирование экситонного возбуждения и его взаимодействие с плазмонами ансамблей металлических наноструктур, которые могут иметь различную морфологию.

Целью работы являлось установление влияния перекрытия плазмонного и экситонного резонансов при взаимодействии J-агрегатов, образованных цианиновым красителем, с ансамблем плазмонных наночастиц серебра разного размера. Была разработана технология создания сухих пленочных образцов, демонстрирующих термо- и фотостабильность при комнатных условиях. Исследовано влияние размера наночастиц серебра на оптические свойства получаемых гибридных структур. Для интерпретации результатов проведено численное моделирование гибридной структуры в рамках

квазистатического приближения.

В работе использовались сухие тонкопленочные образцы, полученные на сапфировых подложках, прозрачных в видимом диапазоне. Серебряные наночастицы, в виде островковых пленок разной эквивалентной толщины, были получены путем термического осаждения серебра на сапфировые подложки. Изучение морфологии островковых пленок было произведено с помощью электронного микроскопа и атомно-силового микроскопа. Для формирования J-агрегатов методом самоорганизации был использован псевдоизоцианиновый краситель 1,1'-диэтил-2,2'-цианин йодид (PIC). Стандартным методом получения J-агрегатов является растворение красителя в воде с последующим добавлением соли для активации агрегации. Была разработана оригинальная методика получения J-агрегатов в 95%-ном этаноле без добавления соли. Толщина получаемого слоя красителя варьировалась от 30 до 50 нм.

Спектры поглощения органических пленок, измеренные через 30 минут после нанесения и через 24 часа, значительно меняются, демонстрируя падение поглощения в полосе J-агрегатов. Спектры поглощения образцов, полученных при нанесении слоя молекул на островковые пленки серебра, демонстрируют стабильность и неизменность оптических свойств в течение недели. Спектр поглощения гибридной пленок представляет собой не простую сумму поглощения молекул и плазмонного резонанса наночастиц (рис. 1). В присутствии наночастиц поглощение молекулярных форм увеличивается в 5 раз. В максимуме поглощения полосы J-агрегатов наблюдается спектральный провал.

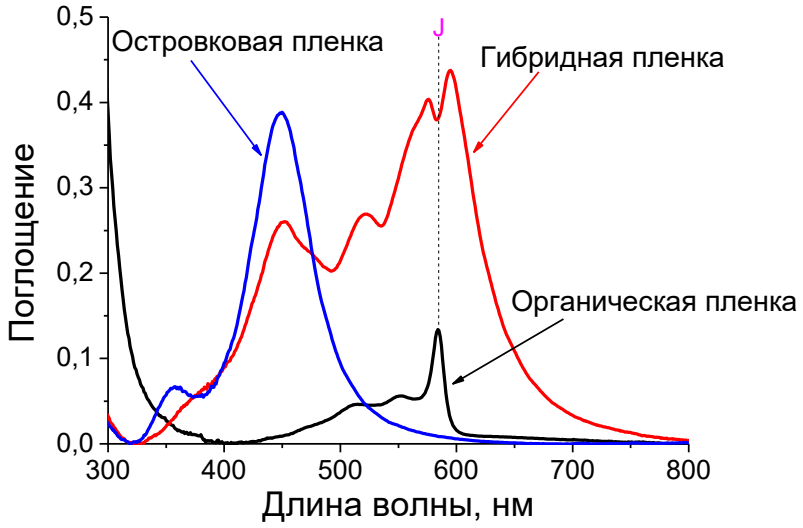


Рис. 1. Спектры поглощения островковой, органической и гибридной пленок

Для получения зависимости оптических свойств от размера наночастиц были рассмотрены слои цианиновых красителей, нанесенные на островковые пленки серебра эквивалентной толщины от 2 до 20 нм. При нанесении одинакового количества раствора красителя, наблюдалось увеличение всех его молекулярных форм. Пики около спектрального провала в области максимума поглощения J-агрегата по мере увеличения эквивалентной толщины серебра выравниваются и становятся равноинтенсивными.

Для органических пленок псевдоизоцианина без наночастиц характерно свечение J-агрегатов, которое проявляется в виде полосы флуоресценции с максимум на длине волны 586 нм (рис. 2а). В гибридной пленке с псевдоизоцианином форма спектра флуоресценции соответствует спектрам поглощения в области полосы J-агрегатов

(рис. 2б). Наблюдается два пика, а также провал между ними на длине волны 585 нм. Известно, что в растворах J-агрегаты проявляют небольшой стоксовый сдвиг (200 $см^{-1}$); в пленках Стоксов сдвиг меньше. Наличие провала в спектрах поглощения и флуоресценции говорит о сильной связи плазмонов и экситонов в гибридных образцах.

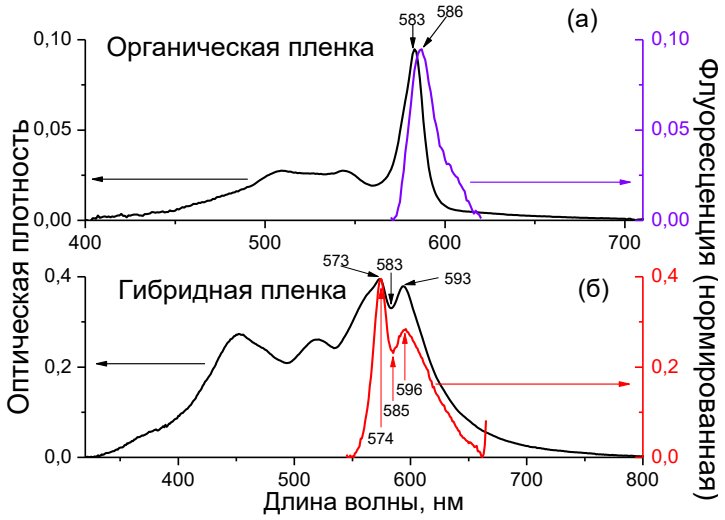


Рис. 2. Спектры поглощения и флуоресценции
органической (а) и гибридной (б) пленок

Для частиц, радиус которых много меньше длины световой волны, для расчета сечения поглощения гибридной структурой, можно использовать квазистатическое приближение. Для интерпретации результатов с помощью расчета, был рассмотрен слой J-агрегатов на островковой пленке серебра, эквивалентной толщиной 3,5 нм. Была рассмотрена модель сплюснутого двухслойного сфероида, имеющего металлическое ядро радиусами 8 и 10 нм, а также оболочку из J-агрегатов, толщиной 15 нм.

Расчетные спектры успешно воспроизводят все основные особенности в экспериментальных спектрах поглощения гибридных структур, а также дают вполне разумные количественные результаты. Небольшое различие в положении максимумов плазмонного резонанса объясняется тем, что в теоретическом расчете были рассмотрены частицы одного размера; в эксперименте исследуется неоднородно уширенный ансамбль наночастиц. Также не учитывалось влияние сапфировой подложки.

Литература

1. Бенимецкий Ф.А., Плеханов А.И. Определение оптического коэффициента усиления коллоидного раствора спазеров // Вестник Новосибирского государственного университета. – 2015. – Т. 10 (№ 2). – С. 5–9.
2. Lim I-Im.S., Goroleski F., Mott D., Kariuki N., Ip W., Luo J., Zhong Ch.-J. Adsorption of cyanine dyes on gold nanoparticles and formation of J-aggregates in the nanoparticle assembly // The Journal of Physical Chemistry B. – 2006. – V. 110 (№ 13). – P. 6673–6682.
3. Melnikau D., Govyadinov A.A., Sanchez-Iglesias A., Grzelczak M., Liz-Marzan L.M., Rakovich Y.P. Strong magneto-optical response of nonmagnetic organic materials coupled to plasmonic nanostructures // Nano Letters. – 2017. – V. 17 (№ 3). – P. 1808–1813.
4. DeLacy B.G., Miller O.D., Hsu C.W., Zander Z., Lacey S., Yagloski R., Fountain A.W., Valdes E., Anquillare E., Soljačić M., Johnson S.G., Joannopoulos J.D. Coherent plasmon-

exciton coupling in silver platelet-J-aggregate nanocomposites // Nano Letters. – 2015. – V. 15. – P. 2588–2593.

5. Simon T., Melnikau D., Sánchez-Iglesias A., Grzelczak M., Liz-Marzan L.M., Rakovich Y.P., Feldmann J., Urban A.S. Exploring the optical nonlinearities of plasmon-exciton hybrid resonances in coupled colloidal nanostructures // The Journal of Physical Chemistry C. – 2016. – V. 120 (№ 22). – P. 12226–12233.



Нехороших Артём Николаевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра управления сложными системами,
группа № Р4239
Направление подготовки: 15.04.06 – Сетевые
и мультиагентные системы
e-mail: becks94@mail.ru

УДК 681.51

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, ВОЗМУЩЕНИЙ И ПОМЕХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.Н. Нехороших
Научный руководитель – д.т.н., доцент И.Б. Фуртат

Для управления динамическим объектом или процессом необходимо иметь информацию о его состоянии. Однако переменные состояния не всегда могут быть непосредственно измерены или же их измерение может быть экономически невыгодным. В таком случае вместо вектора состояния используется его оценка, которая может быть получена с помощью наблюдателей. В условиях параметрической неопределенности объекта и наличия внешних возмущений задача синтеза наблюдателя усложняется.

Одним из распространенных методов решения данной проблемы является использование наблюдателей с большим коэффициентом усиления, робастных к внешним и внутренним возмущениям и обладающих высокой скоростью сходимости оценки вектора состояния к истинному значению. На случай наличия высокочастотных помех измерения предложено несколько модификаций данного наблюдателя. Например, совместное использование фильтра низких частот [1] или увеличение размерности наблюдателя для наделения его свойствами фильтра [2].

Однако введение наблюдателя в систему управления повышает ее динамический порядок, что может иметь негативные последствия на устойчивость системы в целом. Альтернативой использованию наблюдателя может служить синтез алгоритмов управления с искусственным запаздыванием, где оценка производных осуществляется с помощью приближенного дифференцирования. Другим преимуществом данного наблюдателя является минимальный набор настраиваемых параметров: он всего один – величина искусственного запаздывания h. В то же время при использовании наблюдателя с большим коэффициентом усиления требуется выбрать минимум γ параметров, где γ – относительная степень объекта управления.

Настоящая работа посвящена синтезу систем управления мультиагентными системами с введением искусственного запаздывания в условиях высокочастотных помех измерения. Эффективность предложенного алгоритма продемонстрирована на примере решения задачи стабилизации электроэнергетической сети по сравнению со схемами управления [1] и [2].

Робастный алгоритм управления линейными мультиагентными системами в условиях высокочастотных помех измерения

Пусть динамические процесс каждого агента S_i системы S описываются следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} Q_i(p)y_i(t) = k_i R_i(p)u_i(t) + \sum_{\substack{j=1,\\ j\neq i}}^{N} Y_{ij}(p)y_j(t) + f_i(t), \\ z_i(t) = y_i(t) + w_i(t), \end{cases} \quad i = 1, \dots, N, \qquad (1)$$

где $y_i(t) \in \mathbb{R}$ – регулируемая переменная;
$z_i(t) \in \mathbb{R}$ – выходной сигнал, доступный измерению;
$w_i(t) \in \mathbb{R}$ – ограниченная высокочастотная помеха измерения;
$u_i(t) \in \mathbb{R}$ – управляющее воздействие;
$f_i(t)$ – ограниченное внешнее возмущающее воздействие;
$Q_i(p)$, $R_i(p)$ – нормированные линейные дифференциальные операторы с неизвестными коэффициентами порядка n_i и m_i соответственно;
$Y_{ij}(p)$ – линейный дифференциальный операторй с неизвестными коэффициентами порядка $n_{ij} < n_i$;
k_i – неизвестный высокочастотный коэффициент усиления;
$N > 1$ – количество агентов в сети;
$p = d/dt$ – оператор дифференцирования.

Требуется найти такой децентрализованный закон управления, чтобы при любых начальных условиях все сигналы в замкнутой системе были ограниченными функциями времени и дополнительно выполнялось целевое условие:

$$\overline{\lim_{t\to\infty}} |y_i(t) - y_{mi}(t)| \quad , \qquad (2)$$

где $y_{mi}(t) \in \mathbb{R}$ – гладкий эталонный сигнал;
ε – требуемая точность слежения.
При решении поставленной задачи на каждого агента сети накладываются следующие ограничения:
а) коэффициенты операторов $Q_i(p)$, $R_i(p)$, $Y_{ij}(p)$ и коэффициенты $k_i > 0$ принадлежат известному компактному множеству Ξ;
б) полиномы $R_i(\lambda)$ гурвицевы, где $\lambda \in \mathbb{C}$ – комплексная переменная Лапласа;
в) измерению доступны только сигналы $z_i(t)$, но не их производные;
г) частотный диапазон помехи $w_i(t)$ достаточно отделен от собственно частотного диапазона агента (1).
Для выделения сигнала $y_i(t)$ из сигнала $z_i(t)$ воспользуемся следующим алгоритмом:

$$\hat{e}_i(t) = \frac{1}{\prod_{l=1}^{r}(\mu\sigma_{li}p+1)}\left(z_i(t) - y_{mi}(t)\right), \quad i = 1, \dots, N, \qquad (3)$$

где $\hat{e}_i(t)$ – оценка ошибки слежения $e_i(t) = y_i(t) - y_{mi}(t)$;
$\mu > 0$ – достаточно малое число;
$\sigma_{ij} > 0$ – постоянная времени, с;
r – динамический порядок фильтра.
Далее зададим закон управления в форме

$$u_i(t) = -\alpha_i \sum_{l=0}^{\gamma_i-1}\left[\frac{d_{li}}{h^l}\sum_{j=0}^{l}(-1)^j C_l^j \hat{e}_i(t - jh)\right], \quad i = 1, \dots, N \qquad (4)$$

где $\alpha_i > 0$ – настраиваемый параметр;
$\gamma_i = n_i - m_i$ – относительная степень агента;
$d_{0,i}, d_{1,i}, \dots, d_{\gamma_i-1,i}$ – коэффициенты, выбираемые так, чтобы полиномы $D_i(\lambda) =$

$d_{\gamma_i-1,i}\lambda^{\gamma_i-1}+\cdots+d_{1,i}\lambda+d_{0,i}$ были гурвицевыми;
$h > 0$ – искусственное запаздывание, с;
$C_l^j = \frac{l!}{j!(l-j)!}$ – биномиальный коэффициент.

Утверждение [3, 4]. Пусть выполнены условия предположений, помехи $w_i(t)$ ограничены по амплитуде, если $r \geq \gamma_i - 1$, или ограничены по амплитуде вместе со своими $\gamma_i - 1 - r$ производными, если $r < \gamma_i - 1$. Тогда существуют параметры $\alpha_i > 0$ и запаздывание $h > 0$ такие, что система управления, представленная алгоритмом фильтрации (3) и законом управления (4), обеспечивает выполнение целевого условия (2) и ограниченность всех сигналов в замкнутой системе.

Робастный алгоритм управления сетью электрических генераторов

Будем рассматривать модель электроэнергетической сети, в которой электромеханическая модель каждого электрогенератора описывается следующей системой уравнений [5]:

$$\begin{cases} \Delta\dot{\delta}_i(t) = \Delta\omega_i(t), \\ \Delta\dot{\omega}_i(t) = -\dfrac{D_i}{2H_i}\Delta\omega_i(t) - \dfrac{\omega_0}{2H_i}\Delta P_{ei}(t), \\ \dot{E}_{qi}(t) = \dfrac{1}{T'_{d0i}}\left[E_{fi}(t) - E_i(t)\right], \qquad i = 1,\text{K}\,,N \\ E_{fi}(t) = k_{ci}u_{fi}(t), \\ z_i(t) = \delta_i(t) + w_i(t), \end{cases} \tag{5}$$

где $\Delta\delta_i(t) = \delta_i(t) - \delta_{0i}$; $\Delta\omega_i(t) = \omega_i(t) - \omega_0$; $\Delta P_{ei}(t) = P_{ei}(t) - P_{mi}$;
$\delta_i(t)$ – угол поворота поперечной оси ротора относительно синхронной оси вращения, рад;
δ_{0i} – угол поворота поперечной оси ротора относительно синхронной оси вращения в номинальном режиме работы, рад;
$\omega_i(t)$ – скорость вращения ротора, рад/с;
ω_0 – синхронная скорость вращения ротора, рад/с;
$P_{ei}(t)$ – активная электрическая мощность, вырабатываемая генератором, о.е. (относительные единицы);
P_{mi} – механическая мощность на валу генератора, о.е.;
$u_{fi}(t)$ – напряжение, прикладываемое к обмотке возбуждения, о.е.;
$E'_{qi}(t), E_{fi}(t), E_i(t)$ – эквивалентные ЭДС обмотки возбуждения, о.е.;
D_i, k_{ci} – конструктивные постоянные генератора, о.е.;
H_i, T'_{d0i} – конструктивные постоянные времени генератора, с.

При моделировании рассмотрим аварийную ситуацию, связанную с возникновением кратковременного короткого замыкания на одной из линий электропередач сети *S*, состоящей их трех электрических генераторов.

В табл. 1 приведены максимальные асимптотические значение сигнала управления $u_{fi}(t)$, $i = 1,2,3$, при использовании предложенной схемы управления, а также при использовании систем управления [1] и [2]. Параметры наблюдателей всех систем управления подобраны таким образом, чтоб обеспечить одинаковые переходные процессы по регулируемым переменным. Коэффициенты обратных связей в алгоритме управления выбраны одинаковыми. Из таблицы видно, что стабилизация

электроэнергетической сети в установившемся режиме обеспечивается при меньших энергетических затратах на управление при использовании предложенной схемы, чем при использовании схем [1] и [2].

Таблица

Сравнительный анализ

Система управления	$\overline{lim}_{t\to\infty}\lvert u_{f1}(t)\rvert$, о.е.	$\overline{lim}_{t\to\infty}\lvert u_{f2}(t)\rvert$, о.е.	$\overline{lim}_{t\to\infty}\lvert u_{f3}(t)\rvert$, о.е.
Фильтр низких частот + управление с запаздыванием (А. Нехороших, 2017 [3–5])	1,9445	2,9981	3,1232
Фильтр низких частот + наблюдатель с большим коэффициентом усиления (Х. Халил, 2016 [1])	1,8943	3,1033	3,3169
Наблюдатель с большим коэффициентом усиления увеличенной размерности (Д. Астолфи, 2015 [2])	2,5445	3,4311	3,5943

На рисунке приведены переходные процессы каждого генератора Γ_i, i = 1,2,3, из которого видно, что заданная точность ε = 0,5 ° достигается за 3,5 с.

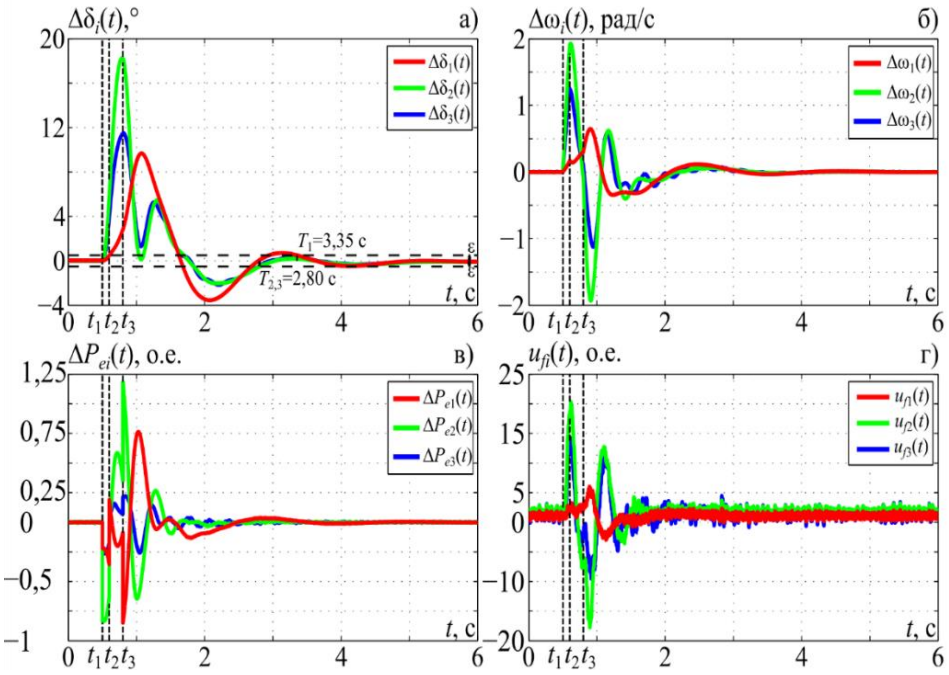


Рисунок. Переходные процессы электрогенераторов: а) ошибка стабилизации; б) относительная угловая скорость; в) разность мощностей; г) сигнал управления

Заключение

В ходе выполнения диссертационной работы была решена задача синтеза робастных алгоритмов управления параметрически неопределенными мультиагентными системами в условиях внешних возмущений и высокочастотных помех измерений, а также алгоритмов управления электроэнергетической сетью. Продемонстрирована эффективность предложенной системы управления по сравнению с [1] и [2].

В качестве дальнейшего научного исследования может быть предложено обобщение полученных результатов на случай нелинейных систем и/или наличия помех измерения, полоса пропускания которых может частично совпадать с полосой пропускания объекта.

Литература

1. Hassan, H.K. Analysis of the Use of Low-Pass Filters with High-Gain Observers / H.K. Khalil, S.Priess // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Vol. 49. – No. 18. – P. 488-492.
2. Astolfi, D. A high-gain nonlinear observer with limited gain power / D. Astolfi, L. Marconi // IEEE Trans. Automatic Control. – 2015. – Vol. 60. – No. 11. – P. 3059-3064.
3. Nekhoroshikh, A.N. Robust algorithm using delay for multi-agent systems / I.B. Furtat, A.N. Nekhoroshikh, M.S. Tarasov // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Vol. 49. – No. 13. – P. 25-30.
4. Nekhoroshikh, A.N. Robust stabilization of linear plants under uncertainties and high-frequency measurement noises / I.B. Furtat, A.N. Nekhoroshikh // 25th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED 2017. – 2017. – P. 1275-1280.
5. Нехороших, А.Н. Управление электрическим генератором в условиях высокочастотных помех измерения / А.Н. Нехороших, И.Б. Фуртат // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 228-235.



Орехова Мария Кирилловна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4200
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: marorekhova@gmail.com

УДК 681.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

М.К. Орехова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Вознесенская

В настоящее время во многих исследовательских задачах и оптических устройствах используется лазерное излучение ввиду наличия специфических характеристик (высокая мощность, когерентность, узкий спектральный диапазон, малая угловая расходимость), позволяющих расширить границы применения оптических систем, развивая такие области как медицина и промышленность, а также давая возможность проведения различных лабораторных исследований и т.д.

Лазерные (Гауссовы) пучки не могут использоваться в устройствах, требующих равномерного распределения излучения по зрачку, таких как [1]:

- микрофотолитография;
- лазерная печать;
- лазерная микрохирургия;
- оптическое хранение и передача данных;и т.д.

В таких устройствах необходимо дополнительно осуществлять перераспределение (гомогенизацию) лазерного излучения [2].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности проектирования оптических систем преобразователей лазерных пучков, построенных на телескопических схемах. Рассмотрен принцип гомогенизации лазерного излучения на основе двух- и однокомпонентной систем с асферическими поверхностями. Для формирования требуемой геометрии лазерного пучка сформирована оптимизационная модель и произведена оптимизация оптической системы с использованием пакета программ Zemax [3, 4].

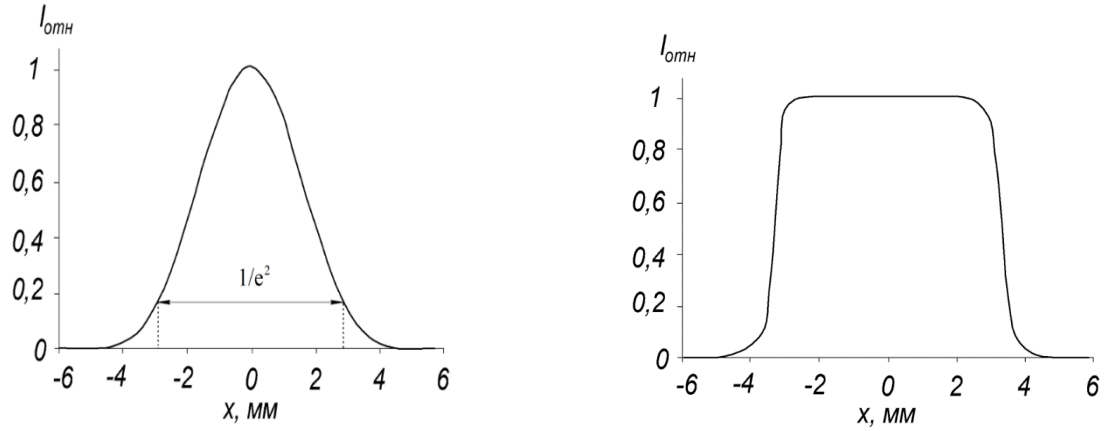
Цель работы заключается в моделировании оптических систем преобразователей лазерных пучков, построенных на телескопических схемах.

Задачи работы:

- анализ методов гомогенизации лазерного излучения;
- разработка модели коллиматора лазерного излучения на основе линзовой двухкомпонентной и однокомпонентной телескопических систем;
- разработка оптимизационной модели для формирования равномерного распределения излучения в сечении лазерного пучка;
- оптимизация системы гомогенизатора лазерного излучения на основе линзовой двухкомпонентной и однокомпонентной телескопических систем.

Визуальное представление распределения интенсивности внутри Гауссова пучка приведено на (рис. 1а). Площадь пятна внутри Гауссова пучка, ограниченная его диаметром (область, находящаяся выше уровня $1/e^2$), содержит 86,5% энергии.

В ряде случаев требуется перераспределить выходную плотность мощности, в частности, получить равномерное распределение интенсивности по зрачку (рис. 1б.)



а). б).

Рис. 1. Гауссов пучок (а) и пучок с равномерно распределенной интенсивностью (б)

Способ перераспределения интенсивности излучения в данной работе осуществлен за счёт использования асферической оптики в однолинзовой и в двухлинзовой системе (обернутая телескопическая система Галилея). Моделирование гомогенизатора выполнено в среде Zemax в непоследовательном режиме.

В текущей работе использовалась модель He-Ne лазерного источника Thorlabs HNL050RB, обладающего следующими характеристиками (табл. 1):

Таблица 1

Характеристики модели лазерного источника

Диаметр пучка, мм	Расходимость пучка, мрад	Мощность источника, Вт	Длина волны излучения, нм
0,81	1,0	5,0	633

В ходе оптимизации получены следующие значения конструктивных параметров двухлинзовой системы гомогенизатора (табл. 2). Рис. 2а и 2б демонстрируют результирующее распределение интенсивности и его сечение соответственно.

Таблица 2

Конструктивные параметры оптимизированной двухлинзовой системы

№ пов.	Радиус кривизны, мм	Осевое расстояние, мм	Материал	Коэф. асферики	
1	-9,07	0,31	K8	0	
2	1,89	39,32	air	-32,68	
3	-22,33	1,56	BK10	0	
4	-19,12	13,81	air	6,10	

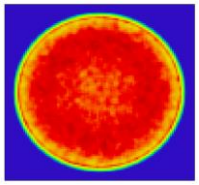
По аналогии с моделью оптимизации двухлинзовой телескопической системы для гомогенизации разработана модель для оптимизации однолинзового гомогенизатора [5]. Источник излучения использовался тот же (табл. 1).

Для оптимизации было исследовано несколько различных марок стекла каталога ЛЗОС. Наилучшие параметры, равно как и равномерность распределения интенсивности, получаются с использованием стекол К8 и ЛК3. В табл. 3 представлены полученные конструктивные параметры двух однолинзовых систем гомогенизатора лазерного излучения, (рис. 2в) и (рис. 2г) демонстрируют результирующее распределение интенсивности для однолинзового элемента из стекла К8 и его сечение соответственно. Преобразованное распределение интенсивности и его сечение для однолинзового гомогенизатора из стекла ЛК3 показано на (рис. 2д) и (рис. 2е).

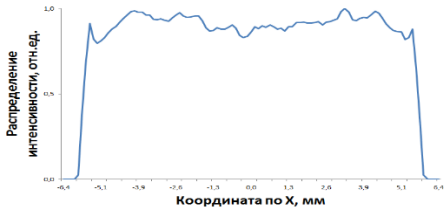
Таблица 3

Конструктивные параметры двух однолинзовых оптимизированных систем

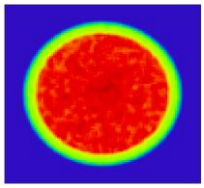
№ пов.	Радиус кривизны, мм	Осевое расстояние, мм	Материал	Коэф. асферики
1	-1,92	18,17	К8	-11,92
2	-10,00	1,83		0
1	-2,90	14,99	ЛК3	-37,35
2	-10,00	1,01		0



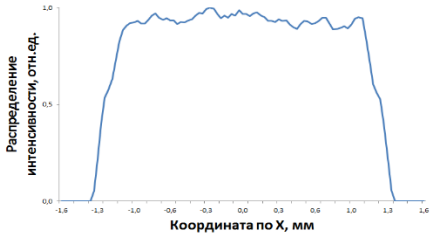
а).



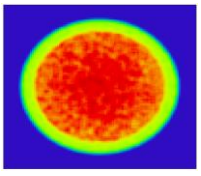
б).



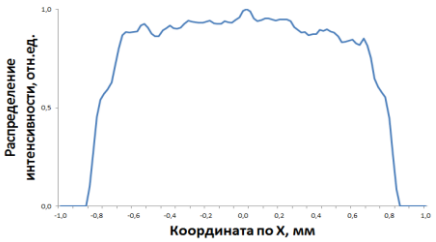
в).



г).



д).



е).

Рис. 2. Выходное распределение интенсивности в преобразованных системах гомогенизаторов лазерного излучения

Сопоставление результатов моделирования одно - и двухлинзового гомогенизаторов показывает, что разработанная оптимизационная модель на текущей стадии исследования позволяет добиться наилучшей равномерности на двухлинзовой системе гомогенизатора (96%). Табл. 4 демонстрирует меньшие значения равномерности для однолинзовых систем, однако достижение аналогичного результата (разница не более 2 %) происходит за гораздо меньшее количество итераций и, соответственно, меньшее количество времени.

Преимущество однолинзовой системы с маркой стекла ЛК3 в том, что габариты такой системы меньше. Следует также заметить, что радиус кривизны второй поверхности однолинзовых систем не изменился в ходе оптимизации и, что немаловажно, остался сферическим.

Таблица 4

Таблица параметров результирующих систем

Система	Двухлинзовая	Однолинзовая, стекло К8	Однолинзовая, стекло ЛК3
Длина системы, мм	55	20	16
Угловая расходимость выходного пучка, мрад	3,0	1,0	0,6
Равномерность распределения интенсивности, %	96	95	94

В дальнейшем предполагается расширение возможностей проектирования оптических систем гомогенизаторов лазерного излучения за счет преобразования оптимизационной модели для формирования более сложных форм выходного распределения интенсивности в сечении лазерного пучка

Литература

1. Laser Beam Shaping Applications, Second Edition. / Fred M. Dickey, Todd E. Lizotte. - CRC Press. : 2017. - 430 pp.
2. Laser Beam Shaping: Theory and Techniques, Second Edition. / Fred M. Dickey. - CRC Press. : 2017. - 589 pp.
3. Erdei, G., Szarvas, G., Lörincz, E., & Richter, P. (2002). Optimization method for the design of beam shaping systems. Optical Engineering, 41(3), 575–583. DOI: 10.1117/1.1431554
4. Neal C. Evans, David L. Shealy, "Design of a gradient-index beam shaping system via a genetic algorithm optimization method", Proc. SPIE 4095, Laser Beam Shaping, (25 October 2000); doi: 10.1117/12.405265
5. S. Zhang, “A simple bi-convex refractive laser beam shaper”, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 9 945–950 (18 September 2007)



Квитко Катерина Борисовна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра управления транспортными системами,
группа № U4175
Направление подготовки: 27.04.05 – Инновационный транспортные технологии
e-mail: kvitko_kb@corp.ifmo.ru

УДК 656.051

ПРОЕКТ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО СООБЩЕНИЯ В СЗФО РФ

К.Б. Квитко
Научный руководитель – к.э.н., доцент Л.И. Рогавичене

Работа выполнена в рамках темы НИР «Проект целесообразности внедрения высокоскоростной магистрали в СЗФО РФ»

Актуальность темы. В настоящее время развитие технологии высокоскоростного транспорта в мире (особенно активно в европейских государствах – Франция, Германия, Италия, и на Востоке – Япония, Корея) происходит быстрыми темпами. Улучшаются скоростные показатели существующих транспортных технологий, изучаются новые виды транспорта, со стирающимися технологическими скоростными ограничениями.

Тенденция, наблюдающаяся в РФ, можно отнести к коммуникативному инновационному поведению – технологии высокоскоростного рельсового транспорта не воспроизводятся, а закупаются из-за рубежа («Сапсан» – немецкая технология компании Siemens AG, «Стриж» – испанской компании PatentesTalgo S.L.).

Помимо технологического отставания нашего государства, внедрение высокоскоростного рельсового транспорта позволило бы решить ряд экономических и социальных вопросов. В данной работе рассматривается внедрение ВРТ на примере СЗФО, в который входит 11 субъектов федерации, это один из исторически и экономически ценных регионов России и в нем на 1.01.2016 года лишь один город-миллионник – Санкт-Петербург. Внедрение высокоскоростного рельсового сообщения в данном стратегически важном регионе РФ позволит не только укрепить внутреннюю коммуникацию субъектов, вывести товарно-денежные отношения на новый уровень, но и окажет существенный социальный и экономический эффект на жителей каждого региона и федерального округа в целом.

Степень разработанности проблемы**.** Автор опирался на труды таких отечественных ученых как: И.П. Киселев, А.Н. Киселенко, Е.Ю. Сундуков, В.А. Сидяков, И.В. Краснов, А.А. Зайцев, Ю.Ф. Антонов, Н.В. Медведев и других. Наряду с отечественными работами диссертант обращался к трудам зарубежных авторов, в той или иной степени касавшихся теоретических и практических вопросов развития высокоскоростного рельсового транспорта: А. Монсон, Г.Санчес-Матеос.

В работах этих ученых рассматриваются вопросы разновидности технологий высокоскоростного рельсового транспорта, анализируется экономические, технологические эффекты, которые оказывает развитие скоростного железнодорожного сообщения. Однако проблема обеспечения транспортной доступности на основе внедрения высокоскоростного рельсового транспорта, несмотря на ее очевидную научно –практическую актуальность и значимость, объектом отдельного исследования еще не

выступала. Таким образом, необходимость разработки системного подхода и создание рекомендаций по внедрению ВРТ для обеспечения транспортной доступности на примере СЗФО предопределили и обусловили цель и задачи данного диссертационного исследования.

Цель исследования – изучение перспективы внедрения технологии высокоскоростного рельсового транспорта (ВРТ) для повышения транспортной доступности городов СЗФО.

Задачи исследования:

- анализ существующих инновационных технологий высокоскоростного рельсового транспорта;
- сравнительный анализ высокоскоростного и нескоростного сообщения
- исследование транспортной доступности городов СЗФО;
- оценка первоначальных затрат на строительство транспортной инфраструктуры для работы ВРТ;
- анализ влияния использования ВРТ на экономику СЗФО.

Объект исследования является Северо–Западный федеральный округ.

Предмет исследования является Высокоскоростной рельсовый транспорт.

Научная новизна заключается в уточнении понятия «высокоскоростной рельсовый транспорт», его свойств, отличительных особенностей и характеристики, присущих данному виду транспорта.

На основе сравнительной характеристики существующих технологий высокоскоростного рельсового транспорта произвести выбор наиболее подходящей для СЗФО.

Произвести технологическое, техническое и экономическое обоснование маршрута сообщения высокоскоростного рельсового транспорта в СЗФО для повышения транспортной доступности жителей данных регионов.

В ходе проведенного исследования рассмотрены основные технологии высокоскоростного рельсового транспорта, выявлены технические, технологические, экономические аспекты каждой изученной технологии, а также были выявлены страны и компании, являющиеся лидерами в индустрии высокоскоростного железнодорожного транспорта, как по производству, так и по внедрению в транспортную инфраструктуру страны.

Сравнительный анализ нескоростного, скоростного и высокоскоростного рельсового транспорта на примере поездов типа «Невский экспресс», «Ласточка» и «Сапсан» продемонстрировал сильные и слабые стороны каждой технологии, объяснил целесообразность использования в настоящий момент всех трех технологий и перспективность использования каждой из них в дальнейшем.

Экономическое исследование 11 регионов Северо-Западного федерального округа по 7 экономическим показателям выявило несколько субъектов, внедрение ВСМ в которых наиболее целесообразно. Такими регионами стали Санкт–Петербург, Архангельская, Вологодская, Калининградская, Ленинградская и Новгородская области и Республика Коми. Результат экономического исследования отражен в таблице.

Проведен опрос населения о скоростном и высокоскоростном рельсовом транспорте. В опросе приняло участие 142 респондента преимущественно из г. Санкт-Петербург, Вологодской и Ленинградской областей. Результаты исследования выявили готовность жителей изучаемых регионов к высокоскоростному сообщению, определили ценовой диапазон, основные или наиболее частые причины поездок (работа/учеба, туризм, шопинг, поездки домой), оптимальное расстояние для скоростного и высокоскоростного сообщения. Основной причиной, почему сейчас респонденты не используют высокоскоростное сообщение, стало то, что высокоскоростная магистраль (ВСМ) не проходит по их основному маршруту

следования.

Результатом проведенного исследования стал проект высокоскоростной магистрали СЗФО «Санкт-Петербург – Вологда – Архангельск», соединяющая такие регионы как г. Санкт-Петербург, Ленинградскую, Вологодскую и Архангельскую области (рисунок) [5].

При проектировании ВСМ СЗФО учитывались экономическая целесообразность проложения трассы, выбран подход – строительство нового или реконструкция старого полотна, учитывались существующие нескоростные железнодорожные пути, рассчитаны система обслуживания составов, план пути, решения по строительству искусственных сооружений, решения по верхнему строению пути, решения по разделительным пунктам ВСМ, решения по сигнализации, централизации и блокировке (СЦБ), связи и электроснабжению, основные технико–экономические показатели линии ВСМ СЗФО и организацию движения поездов [1].

Таблица

Сводная таблица экономических показателей регионов СЗФО

	1 группа				2 группа		3 группа	Итого
	Плотн. населения	Уровень зар. плат	Уровень безработицы	ВРП	Крупн. предприятия	Крупн. города	Туризм	
Вес показателя:	1	3	1	2	2	2	2	13
Республ. Карелия	0,3	0,6	0,1	0,2	0,6	0,6	1,8	4,2
Республика Коми	0,1	2,4	0,3	1,8	1,6	0,4	0,6	7,2
Архангельская обл.	0,2	0,9	0,5	2	0,4	1,6	1,4	7
Вологодская обл.	0,5	1,2	0,6	0,6	1,4	1,4	1,6	7,3
Калининградская обл.	0,9	1,5	0,7	1	1,2	1,8	1	8,1
Ленинград. обл.	0,8	2,7	0,8	0,4	1,8	0,2	0,4	7,1
Мурманская обл.	0,4	1,8	0,2	1,2	1	1,2	0,2	6
Новгородская область	0,6	2,1	0,9	0,8	0,8	1	1,2	7,4
Псковская обл.	0,7	0,3	0,4	1,6	0,4	0,8	0,8	5
г. Санкт–Петербург	1	3	1	1,4	2	2	2	12,4

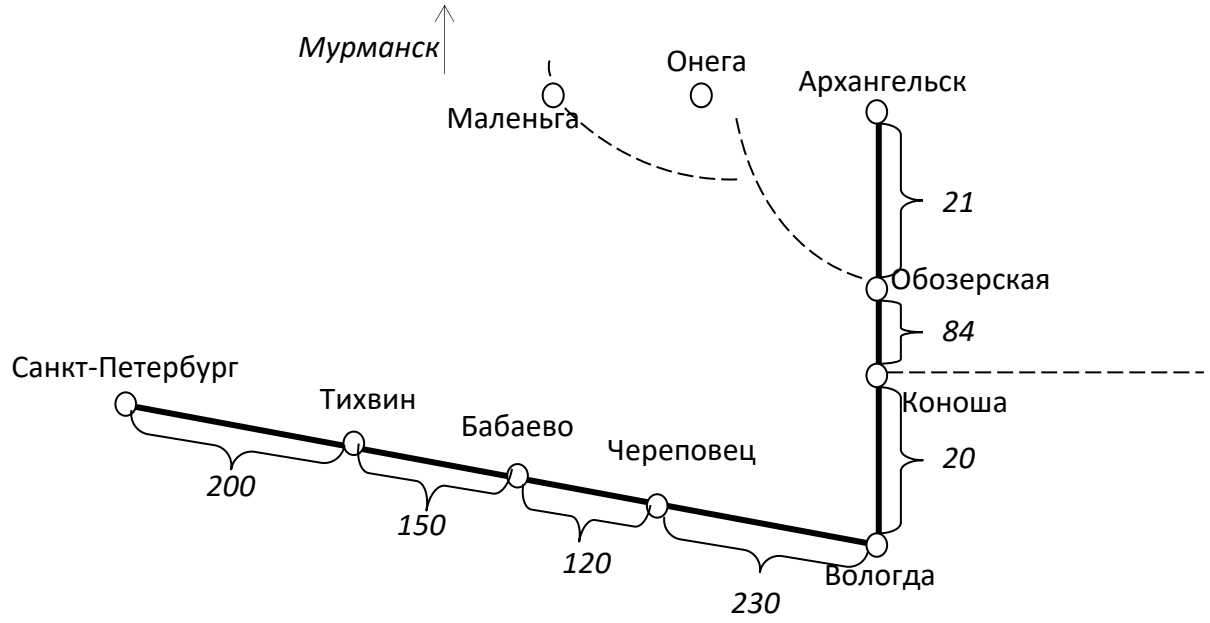


Рисунок. План ВСМ СЗФО

Проведен укрупненный расчет стоимости внедрения ВСМ СЗФО. С учетом реализации ВСЖМ 1 «Москва – Санкт–Петербург» и строительства ВСМ 2 «Москва – Казань – Екатеринбург» с продолжением до Пекина, часть разработанных методик строительства, стандартов, технических решений сократили смету проекта. Существенной экономией статей затрат проекта строительства ВСМ СЗФО стало то, что проект является не строительством новой трассы, а реконструкцией нескоростного полотна для эксплуатации высокоскоростным сообщением. В результате исследования проект ВСМ СЗФО оценен в 16,3 млрд долл. США, что приблизительно составило 1,01 трлн руб [2 – 4].

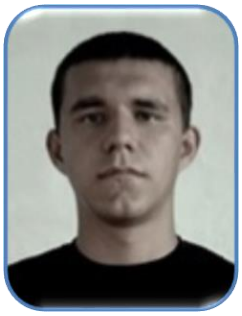
Завершающим этапом исследования стал анализ экономических и социальных эффектов от реализации ВСМ на территории СЗФО. Проведенное исследование отразило влияние проекта на ВРП выбранных регионов, инвестиций в проект и регионы, инфраструктуры ВСМ и объектов, появившейся в результате реализации проекта, внутрироссийского и международного туризма, эффекта от пересадки пассажиров на ВСМ с других видов транспорта, а также эффекта от прекращения нескоростного сообщения по маршруту Санкт-Петербург – Вологда – Архангельск.

Социальные эффекты от внедрения высокоскоростной магистрали на территории СЗФО включают в себя улучшение уровня жизни населения, увеличение численности населения в региональных городах, изменение в лучшую сторону качества жизни за счет преобразования транспортной сети, модернизации инфраструктуры, обновление жилищного фонда, развитие рынка труда и др.

Таким образом, проект ВСМ СЗФО как сложное технологическое и техническое инновационное решение, оптимизирующее транспортную систему железнодорожной сети, воздействующее на социальную и экономическую сферы регионов, входящих в маршрут, и всего субъект РФ в целом, окажет сильнейшее влияние на реализациюэкономического потенциала Северо–Западного округа и на развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России [6].

Литература

1. Бугакова Н.С., Гельвановский М.И., Глисин Ф.Ф., Гохберг Л.М., Жит –ков В.Б., Климанов В.В., Кузнецова О.В., Скатерщикова Е.Е., Струкова В.Е., Харламова И.В. Регионы России. Социально –экономические показатели. 2017: Р32 Стат. сб. / Росстат. М., 2017. – С. 1402.
2. Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации до 2030 года.
3. Специальные технические условия «Проектирования участка Москва – Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч» ФГБОУ ВО ПГУПС. г. Санкт–Петербург. 2016 г.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 12 мая 2018 года).
5. Официальный сайт ОАО «Скоростные магистрали». – Режим доступа: http://www.hsrail.ru/. – Дата обращения: 01.05.2017.
6. Рейтинг 250 крупнейших компаний СЗФО // Эксперт Северо–Запад. – №45 –46 (741). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert.ru/northwest/2016/45/rejting –250 –krupnejshih –kompanij –szfo/. – Дата обращения: 21.03.2018.



Расщупкин Артем Вадимович
Год рождения: 1986
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения,
группа № Р4279
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
E-mail: archijoke@mail.ru

УДК 621.914:004.94

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКООРДИНАТНОЙ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

А.В. Расщупкин
Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

Аннотация

В ходе работы был произведен анализ существующих математических моделей процесса фрезерования. На основе существующей модели была разработана модель многокоординатной фрезерной системы для определения величины срезаемого слоя. Проведены экспериментальные исследования качества обрабатываемой поверхности в зависимости от частотной характеристики фрезерной наладки. Проведено компьютерное моделирование операции чистового фрезерования в CAE-системе Deform 3D. На основании полученных результатов проведен анализ адекватности математической модели. Предложен метод звукового анализа для уточнения расчетных данных при определении оптимальных режимов резания.

Ключевые слова*:* биение, фрезерная система, толщина срезаемого слоя, профильный инструмент, коэффициент шума.

Введение

Развитие технологии механической обработки резанием приводит к усложнению методов, позволяющих изучить и описать физические процессы, происходящие в зоне резания. Ученые пытаются описать все большее число зависимостей, характеризующих процессы лезвийной обработки. Для реализации этой задачи им приходится учитывать все большее количество факторов, оказывающих влияние на физико-химические процессы, протекающие в поверхностном слое материала заготовки.

В работах 50-х годов рассматривались модели плоского фрезерования прямозубыми цилиндрическими фрезами [1]. Однако в реальных технологических процессах часто используются фрезы с более сложной геометрией режущих кромок. Поэтому следующим этапом в развитии методов моделирования процесса фрезерования стал учет фрез с пространственной геометрией режущей кромки [2]. Применение в производстве инструмента со сложной геометрии усложняет задачу по определению величины срезаемого слоя, которая оказывает огромное влияние на стабильность протекания процесса резания, а значит и качество обрабатываемой поверхности. Проводимые исследования рассматривали вопросы, связанные с определением объема срезаемого материала при многоосевом фрезеровании инструментом со сложной геометрией.

Моделирование толщины срезаемого слоя

Для решения проблемы, связанной с определением объема срезаемого материала при обработке профильным и фасонным инструментом, который, как правило, применяется при многоосевом фрезеровании, в ходе выполнения квалификационной работы разработана методика численного моделирования толщины срезаемого слоя при чистовом фрезеровании труднообрабатываемых материалов. Предлагаемая методика заключается в определении положения точки контакта инструмента и заготовки в любой момент времени в зависимости от геометрии обрабатываемой поверхности заготовки и профиля лезвия фрезы (рис. 1).

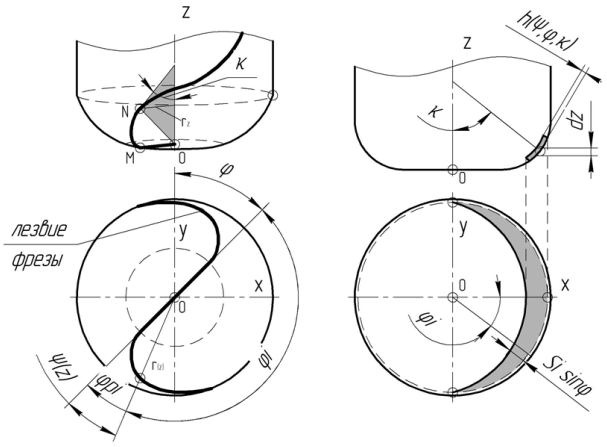


Рис. 1. Смещение точки контакта по радиусу инструмента

При чистовом многокоординатном фрезеровании обработку проводят при незначительной радиальной толщине реза, поэтому зона контакта вырождается в точку, которая перемещается по ленточке зуба фрезы [3 – 5]. Такое упрощение позволяет изобразить цилиндрический инструмент в виде множества единичных дисковых элементов, что в свою очередь представляет процесс многокоординатной обработки в виде плоского фрезерования. Перемещение точки контакта в этом случае осуществляется по образующей, сформированной движением кончика зуба фрезы вдоль криволинейной поверхности заготовки с одновременным вращением вокруг оси инструмента (рис. 2).

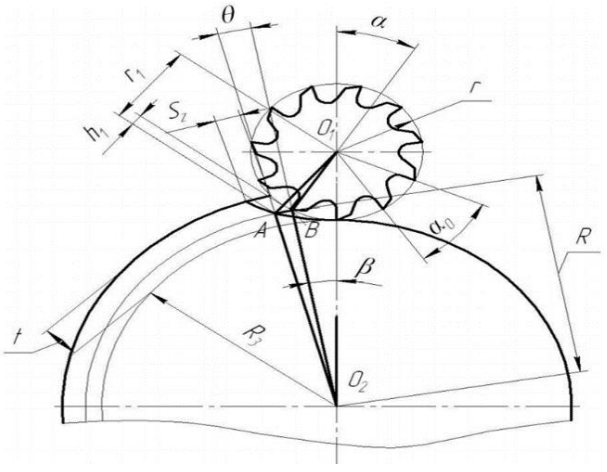


Рис. 2. Расчетная схема фрезерования криволинейной поверхности по внешнему контуру

Разрабатываемая модель, представленная в данном виде, позволяет определить мгновенную толщину срезаемого слоя в зависимости от скорости резания и величины подачи.

Определение составляющих силы резания осуществляется через удельные силы по методике, предложенной профессором Кушнером, зависящие от толщины срезаемого слоя. Определение силовой составляющей процесса резания происходит в зависимости от нагрузки, возникающей на передней и задней поверхности режущей кромки фрезы [6 – 8].

Имитационное моделирование процесса резания

Моделирование позволяет определить величину мгновенной силы резания для конкретной величины срезаемого материала [9]. Составляющие силы резания определяются в зависимости от величины удельной силы резания. Расчет результирующей силы осуществляется с использованием методики, предложенной профессором Кушнером, которая позволяет учитывать температурные преобразования на поверхности лезвия. Таким образом, предлагаемая модель может быть использована для определений усилий резания при обработке сталей и цветных металлов при условии небольшой толщины срезаемого слоя. Предложенная модель учитывает геометрию режущей кромки инструмента, а также величину угла наклона лезвия фрезы. Проверку адекватности модели для последующей ее корректировки следует проводить методом сравнения результатов, полученных эмпирическим путем, а также результатами имитационного моделирования в CAE-системах, учитывающих температурные изменения на лезвии инструмента и в материале заготовки в процессе резания [10].

Представленная методика определения оптимальных режимов резания при чистовом фрезеровании позволяет поэтапно назначать режимы обработки для труднообрабатываемых материалов в зависимости от их физико-химических свойств, опираясь на анализ результатов измерений силовых и температурных зависимостей в зоне резания, получаемых путем имитационного моделирования с использованием CAE-системы Deform 3D.

Рассматривается влияние температурной составляющей процесса резания на обрабатываемость титанового сплава ВТ-14, определяющую качество обрабатываемой поверхности, а также возможность исключения ее негативного влияния посредством корректировки назначаемой скорости резания без фактической обработки металла.

Дальнейшее развитие методики определения оптимальных режимов резания, совершенствование имитационной модели в CAE-системе и совместное использования метода акустического анализа фрезерной наладки позволит более точно определять область скоростей резания обеспечивающих работу инструмента при минимальных силах резания и обеспечить стабильность процесса резания, поддерживая достаточный уровень обрабатываемости титановых сплавов.

Влияние автоколебаний на качество поверхности можно наблюдать, основываясь на результаты измерений. При неизменной подаче на зуб, варьируя скорость резания для обеспечения благоприятной температуры в точке контакта можно добиться улучшения шероховатости.

Звуковой анализ

Биение инструментальной наладки не присуще ни одному из элементов в отдельности, а определяется суммарным биением набора ее составных частей (рис. 3). Таким образом, при изменении параметров одного из элементов системы, АЧХ всей системы будет иметь иной вид [11, 12].

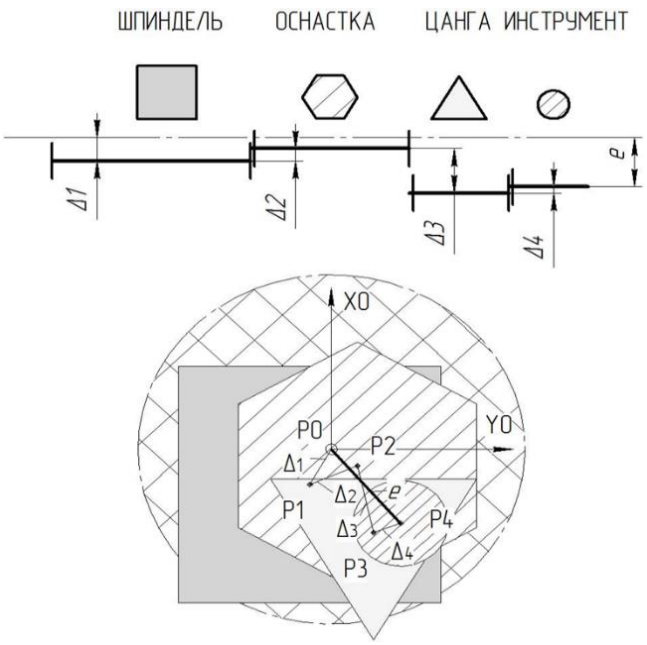


Рис. 3. Схема геометрического определения биения фрезерной системы
в зависимости от качественных показателей составных элементов

В ходе экспериментальных исследований было определено, что одна и та же инструментальная наладка может иметь разное начальное биение в зависимости от частотной характеристики работы шпинделя в режиме холостого хода. При этом был измерен шум, издаваемый вращающейся инструментальной наладкой. В качестве примера на (рис. 4) приведены измерения уровня шума, издаваемый наладкой с вылетом 200 мм от переднего торца шпинделя на разных частотах вращения.

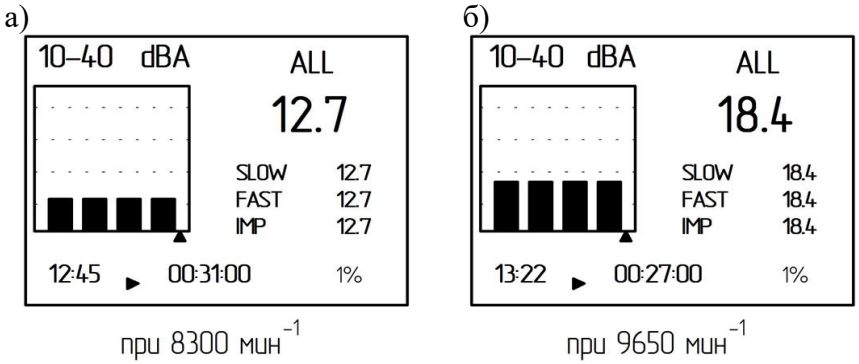


Рис. 4. Измерение уровня шума фрезерной системе
в режиме холостого хода при 8300 мин$^{-1}$ (а) и при 9650 мин$^{-1}$ (б)

При этом изменение количества оборотов шпинделя не превышает 5%.

При уточнении диапазона рациональных режимов обработки следует учитывать величину начального биения фрезерной наладки. Для решения этой задачи предложен алгоритм акустического анализа уровня шума в режиме холостого хода, при котором коэффициент измеряемого шума не должен превышать значения 1,15 [13].

Звуковой анализ позволяет определять диапазон скорости резания, при котором инструментальная наладка будет иметь минимальную начальную величину собственных колебаний.

Выводы

Многие десятилетия ученые пытаются описать физические процессы, происходящие в ходе лезвийной обработки в зоне контакта инструмента с материалом заготовки. С техническим прогрессом при моделировании физических процессов применялись новые методы описания рабочей среды, которые обеспечивали получение более точных данных при расчетах. Развитие техники позволило создать сложные многоосевые обрабатывающие центры, позволяющие внедрять новые технологии и принципы работы металлорежущего оборудования. Расширение возможностей фрезерования позволили ей заменить собой ряд традиционных методов, которые до этого считались более точными операциями механической обработки.

Сложная техническая операция требует детального описания ее физических процессов. Внедрение высокоскоростной многокоординатной обработки сформировало направление в пространственном моделировании процесса фрезерования связанное с определением рациональных режимов обработки, позволяющих обеспечить требуемую точность и качество обработки. Составляющие силы резания, а также температурные зависимости в зоне резания являются основными ограничениями при моделировании пространственного фрезерования.

Стремительное внедрение вычислительной техники в область инженерных расчетов позволило проводить имитационное моделирование механических процессов в CAE-системах с разной степенью достоверности получаемых результатов. Развитие компьютерного моделирования на сегодняшний день является актуальной задачей для инженеров научно-производственных предприятий. Дальнейшее развитие систем инженерного проектирования позволит рассматривать физические процессы при резании металлов на более точных моделях, которые помогут ученым осознать температурные и силовые взаимодействия на новом уровне.

Литература

1. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. Метод оперативной диагностики металлорежущего станка для обработки заготовок типа тел вращения// Контроль. Диагностика. – 2013. - №9. – с. 81-84.
2. Гуськов А.М. Нелинейная динамика вибрационного сверления. Роль уравнений образования новых поверхностей // Труды симпозиума CSDT-2000. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2000. С. 93-101.
3. Воронов С.А., Киселев И.А. Геометрический алгоритм 3mzbl для моделирования процессов обработки резанием. Алгоритм изменения поверхности и определения толщины срезаемого слоя // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. № 6. Режим доступа: http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/261.html (дата обращения 01.04.2015).
4. Salisbury E.J., Domala K.V., Moon K.S., Miller M.H., Sutherland J.W. A three-dimensional model for the surface texture in surface grinding, Part 1: Surface generation model // Journal of Manufacturing Science and Engineering. 2001. Vol. 123. P. 576-581. DOI: 10.1115/1.1391427.
5. Лицов А.Е. Разработка расчетного метода определения технологических условий концевого фрезерования маложестких деталей с учетом их деформаций: Дис. . канд. техн. наук: Рыбинск, 2005. 147 с.
6. Воронов С.А., Киселев И.А., Аршинов С.В. Методика применения численного моделирования динамики многокоординатного фрезерования сложнопрофильных деталей при проектировании технологического процесса // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Машиностроение. 2012. № 6. С. 50-69.

7. Logominov, V.A. and Lukyanenko, O.L. (2011). Modeling of fluctuations of flexible workpieces at end milling. Visnyk of Sumy State University: Technical Science, 4, 145-157.
8. Abdulah Altin. Optimization of the turning parameters for the cutting forces in the Hastelloy X superalloy based on the Taguchi method//Materials and technology.2014.48. P. 249-254.
9. Степанов, А. Высокоскоростное фрезерование в современном производстве / А. Степанов // CAM/CAE Observer. – 2003. – № 4. – С. 2–8.
10. P. Lorong, G. Coffignal, E. Balmes, M. Guskov, A. Texier. “Simulation of a Finishing Operation: Milling of a Turbine Blade and Influence of Damping.” Nantes, ESDA 2012, ASME 2012 11th Biennal Conference on Engineering Systems design and analysis.
11. Горячев, В.Я., Гаврина, О.В., Чапчиков, Ю.К., Шатова, Ю.А. Анализ систематической погрешности информационно-измерительной системы на основе датчика биений вала с бегущим магнитным полем // Изв. высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 1. С. 46-57.
12. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. / И.Г. Жарков. – Л.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
13. Agilent. Noise Figure Measurement Accuracy – The Y-Factor Method. Application note 57-2, 2004. Pp.9-10.



Череповская Елена Николаевна
Год рождения: 1995
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра компьютерных образовательных технологий, группа № P4220
Направление подготовки: № 09.04.02 – Информационные системы и технологии – Автоматизация и управление в образовательных системах
e-mail: cherepovskaya@cde.ifmo.ru

УДК 004.93

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АНАЛИЗА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ АФФЕКТИВНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Е.Н. Череповская
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Лямин

Работа выполнена в рамках проектов № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность», № 713555 «Разработка методов и алгоритмов семантической интероперабельности для интеграции и предоставления информации в системах семантического поиска и мониторинга».

Анализ предметной области**.** Сложные задачи, возникающие в рамках актуальных направлений развития онлайн-обучения, могут быть решены с использованием перспективного и активно развивающегося в последнее десятилетие направления аффективных вычислений, нацеленного на анализ и обработку биометрических сигналов. В настоящий момент доступно множество различных публикаций в сфере аффективных вычислений. В своих исследованиях авторы используют различные типы биометрических сигналов и методы их обработки. В области биометрической идентификации чаще всего анализируют сигналы траектории взгляда [1], активности мозга и сердца, форму лица и т.д. Для определения результатов обучения используют сигналы траектории взгляда [2] и активности мозга, в целях анализа функционального состояния – сигналы активности мозга и сердца [3], а также изменение параметров движения глаз [4]. Однако в большинстве исследований используются высокочастотные устройства.

Цель данной работы заключалась в исследовании методов и средств анализа биометрических данных для аффективных вычислений в системах электронного обучения. В качестве основных задач были обозначены:

- проведение обзора существующих методов и средств анализа данных для аффективных вычислений в системах электронного обучения, определение сфер их использования;
- разработка новых методов и средств анализа биометрических данных для аффективных вычислений, подходящих для работы на низкочастотных устройствах;
- проведение экспериментальных исследований методов на основе разработанного программного обеспечения;
- разработка концепции комплексной системы анализа биометрических данных для аффективных вычислений в системах электронного обучения.

Метод биометрической идентификации**.** В рамках выполнения работы был разработан метод распознавания почти периодических дискретных сигналов, использующийся для проведения непрерывной биометрической идентификации обучающихся. Метод основан на выделении и дальнейшем анализе повторяющихся

фрагментов сигналов, для каждого из которых определяется набор характеристик $\xi_r = \{\xi_{r,1}, \xi_{r,2}, \ldots, \xi_{r,l}\}$, где каждая из характеристик – это значение коэффициента ряда Тейлора, использующегося для аппроксимации исходного низкочастотного сигнала с целью получения более точных данных. Значения коэффициентов представлены в виде конечных разностей, рассчитанных для конкретного фрагмента.

Метод включает в себя два алгоритма – алгоритм попарного сравнения (P2P) и алгоритм объединенных данных (P2C). Дистанция между записями по конкретной характеристике рассчитывается на основе анализа значений вероятностей двухвыборочного теста Колмогорова-Смирнова о совпадении эмпирических функций распределения величин как:

$$d(\xi_{r,i}, \xi_{q,i}) = -\ln\left(p\left(\mathrm{K} \geq \sqrt{\frac{n_r n_q}{n_r + n_q}} D^i_{r,q} \right) \right) \quad (1)$$

где K – переменная, имеющая распределение Колмогорова, n_r и n_q – объемы выборок для сигналов r (рассматриваемый сигнал) и q (сигнал, хранящийся в базе данных) соответственно $\xi_{r,i}$ и $\xi_{q,i}$ – i-я характеристика сигналов r и q, и $D^i_{r,q}$ – значение статистики теста Колмогорова-Смирнова для i-й характеристики. Используя значения дистанции по характеристикам, следует вычислить дистанции между сигналами как:

$$d(\xi_r, \xi_q) = \sum_{i=1}^{l} d(\xi_{r,i}, \xi_{q,i}), \quad (2)$$

где l – общее количество характеристик.

Для алгоритма P2P дистанция от рассматриваемого сигнала до некоторого класса сигналов, хранящихся в базе данных, рассчитывается как $d(\xi_r, C_s) = \min_{q \in C_s}[d(\xi_r, \xi_q)]$, где C_s – класс сигналов, находящийся в базе данных. Для алгоритма P2C, дистанция до класса рассчитывается путем анализа объединенных данных рассматриваемого класса и представляется как:

$$d(\xi_r, C_s) = -\left(ln\left(\frac{p(C_s)}{p(\xi_r)}\right) + \sum_{j=1}^{l} ln\big(p(\xi_{r,j}|C_s)\big)\right). \quad (3)$$

Для минимизации погрешности, метод предусматривает расчет порогов для классов сигналов и исключение из рассмотрения классов, дистанция до записей, которых не проходит установленные пороги. Пороги для обоих алгоритмов рассчитываются как:

$$d_s^* = \max_{r \in C_s}[d(\xi_r, C_s \backslash \{r\})], \quad (4)$$

где d_s^* – порог для класса C_s, $d(\xi_r, C_s \backslash \{r\})$ – дистанция от сигнала r до класса C_s.

Изначально метод был апробирован для сигнала траектории взгляда. В качестве анализируемых фрагментов были выделены быстрые перемещения взгляда – саккады. В эксперименте приняли участие 45 студентов 1 курса Университета ИТМО. Общее количество записей составило 325, для которых были определены 27 классов. Данные были зарегистрированы с использованием низкочастотного айтрекера (30 Гц). Ошибка распознавания алгоритма P2P составила 15.44%, для алгоритма P2C – 16.18%.

В рамках работы область применения метода была расширена на анализ кардиосигнала. В качестве шаблонов в данном случае выступали QRS-комплексы, совместно с близлежащими P-, T- и U-волнами, для выделения которых использовался

алгоритм Пан-Томпкинса. Для апробации были использованы сигналы открытой базы данных, при этом исходная частота сигнала (250 Гц) была снижена путем его децимации до ~30Гц. Для 13 анализируемых классов ошибка распознавания алгоритма P2P составила 0.13%, для алгоритма P2C – 0.6%.

Метод верификации результатов обучения. В рамках работы был разработан метод верификации результатов обучения, предполагающий сведение задачи верификации результатов обучения к задаче классификации при наличии в базе данных эталонных сведений для классов различных результатов. Метод верификации результатов обучения по аналогии с методом биометрической идентификации включает два алгоритма – VP2P и VP2C. Первоначально определяются области интереса для конкретного стимула и рассчитываются основные параметры, к числу которых относятся частота фиксаций взгляда на области (частота переходов между областями, *FF*); длительности перехода (*TT*); распределения времени фиксации взгляда по областям (*FT*).

Для алгоритма VP2P решение о достигнутых результатах обучения принимается на основе анализа дистанций между каждой парой сигналов, рассчитанных по формулам (1) и (2). Выбор итогового класса C_r основывается на анализе значений близости для каждого класса и определяется как:

$$C_r = max\left[\sum_{q\in C_s}\frac{1}{d(\xi_r,\xi_q)^2}\right] \quad (5)$$

Для алгоритма VP2C определяется общая дистанция до класса как сумма дистанций от текущего сигнала до каждой записи класса $d(\xi_r, C_s) = \sum_{q\in C_s} d(\xi_r, \xi_q)$. Итоговым классом принимается класс с минимальным значением суммарной дистанции $C_r = \min_{s\in\{C_s\}}[d(\xi_r, C_s)]$.

Для апробации метода было проведено экспериментальное исследование с участием 50 студентов 1 курса Университета ИТМО с использованием динамического стимула – когнитивного тренинга «Тетрис», для которого были обозначены 9 областей интереса. После регистрации данных была произведена оценка их качества с целью вывода из рассмотрения битых записей. Данные движения глаз были зафиксированы с помощью прибора с частотой дискретизации 30 Гц. После рассмотрения было решено оставить 25 записей, среди которых были обозначены два класса результатов обучения – эксперт (10 человек) и новичок (15 человек). В рамках обработки результатов были проанализированы фиксации на отдельных областях интереса, переходы между двумя и тремя соседними областями. Наименьшее значение ошибки для обоих алгоритмов составило 20% для анализа различных комбинаций временных характеристик траектории взгляда (параметров *TT* и *FT*).

Метод анализа функционального состояния. Разработанный метод анализа функционального состояния обучающихся основан на исследовании параметров движения глаз. Метод включает в себя два алгоритма, один из которых нацелен на анализ абсолютных значений диаметров зрачков, второй – на исследование расширений диаметров. При рассмотрении абсолютных значениях диаметров зрачков формируется последовательность значений диаметров, выступающая в качестве характеристик «индекса централизации» и «индекса напряжения». Рассмотрение расширений диаметра предполагает использование спектрального анализа последовательности расширений диаметра зрачка, рассчитанных как , где D_i – значение диаметра зрачка для *i*-го отсчета времени. С целью расчета «индекса централизации» и «индекса напряжения» для последовательности расширений зрачка применяется метод быстрого преобразования Фурье для получения спектра сигнала:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, k = 0,1,\dots,N-1 \quad (1)$$

$$x_n = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j\frac{2\pi}{N}kn}, n = 0,1,\dots,N-1 \quad (2)$$

$$x_n = x(n\Delta t),\ \Delta t = \frac{T}{N}; X_k = X(k\Delta\omega),\ \Delta\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

где N – число членов последовательности, Δt – интервал между соседними отсчетами, $\Delta\omega$ – шаг спектра в частотной области. Амплитуды спектра нормируются и рассчитывается значение мощности спектра в каждой точке. Расчет показателей спектрального анализа проводится в ультранизкочастотном (ULF), сверхнизкочастотном (VLF), низкочастотном (LF) и высокочастотном (HF) диапазонах. После чего рассчитывается «индекс централизации» (4)

$$\text{(IC): } IC = \frac{HF+LF}{VLF} \quad (4)$$

и «индекс напряжения» (5)

$$\text{(SI) } SI = \frac{100\times AMo}{2\times Mo\times MxDMn}, \quad (5)$$

где *Mo*, *AMo* и *MxDMn* – мода, амплитуда моды и вариационный размах соответственно.

Для исследования разработанного метода анализа функционального состояния был проведен эксперимент с участием 50 студентов первого курса Университета ИТМО. В ходе проведения эксперимента для каждого испытуемого были зарегистрированы данные кардиосигнала (электрокардиограф, 1000 Гц) и данные об изменениях диаметра зрачков (айтрекер, 30 Гц). Была определена корреляция результатов анализа движений глаз с показателями вариабельности сердечного ритма (ВСР) путем расчета коэффициента корреляции Пирсона. Были рассмотрены IC и SI для ВСР, абсолютные значения диаметра зрачков и «IC» и «SI» для расширений диаметра. Значения коэффициента корреляции составили для абсолютных значений – 0.42 и 0.43, для расширений зрачка – 0.37 и 0.36 для IC и SI соответственно.

Проведенные в рамках выполнения работы экспериментальные исследования позволили сформулировать концепцию комплексной системы анализа биометрических данных, доступной для обмена данными и их обработки всем системам электронного обучения. Каждый из разработанных методов представляется в комплексной системе отдельным программным модулем. Для обеспечения взаимодействия с внешними информационными системами используются программные интерфейсы REST.

Заключение. Направления проведенных экспериментальных исследований соответствуют современным научным и образовательным тенденциям развития. В ходе выполнения работы был разработан метод верификации результатов обучения на основе данных траектории взгляда; разработан метод анализа функционального состояния обучающегося на основе параметров движения глаз; область применения разработанного метода непрерывной биометрической идентификации обучающихся расширена на анализ данных кардиосигнала; проведены необходимые экспериментальные исследования; разработана концепция комплексной системы анализа биометрических данных для аффективных вычислений в системах электронного обучения.

Литература

1. Zhang Y., Juhola M. On Biometrics With Eye Movements // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. – Vol. 21. – № 5. – P. 1360-1366. – 2017.
2. Lai M.L. et al. A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012 // Educational Research Review. – Vol. 10. – P. 90-115. – 2013.
3. Meessen, J., Sütterlin, S., Gauggel, S. et al. Learning by heart – the relationship between resting vagal tone and metacognitive judgments: a pilot study // Cognitive Processing. – P. 1-5. – 2018.
4. Eckstein M.K., Guerra-Carrillo B., Miller Singley A.T., Bunge S.A. Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development? // Developmental Cognitive Neuroscience. – Vol. 25. – P. 69-91. – 2017.



Шлыков Александр Игоревич
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптической физики и современного естествознания,
группа № V4236
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника
и оптоинформатика (Физика наноструктур)
e-mail: shlykovalexander@gmail.com

УДК 538.915, 538.97

ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ХИРАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ И ХИРАЛЬНЫХ СУПЕРКРИСТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

А.И. Шлыков
Научный руководитель – д.ф.-м.н., И.Д. Рухленко

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур».

Оптически активные наноструктуры обладают большими перспективами для нанофотоники, вследствие возможности их применения в качестве управляемых светом наноустройств или настраиваемых строительных блоков для материалов, изменяющих свои свойства под воздействием электромагнитного излучения определенной поляризации. Оптическая активность естественных хиральных молекул слаба из-за малости молекул по сравнению с длиной волны возбуждения и относительно низкой плотности составляющих атомов [1]. В то время как полупроводниковые нанокристаллы, такие как квантовые точки, также значительно меньше оптической длины волны, из-за значительно более высокой плотности атомов они демонстрируют гораздо более сильную оптическую активность [2]. Можно еще сильнее увеличить оптическую активность, комбинируя квантовые точки в различные наноструктуры, такие как молекулы и суперкристаллы из квантовых точек. Уникальные оптические свойства молекул из квантовых точек, которые существенно отличаются от свойств невзаимодействующих квантовых точек, и разнообразие структурных и материальных параметров суперкристаллов из квантовых точек, которые могут быть индивидуально настроены в широких диапазонах путем изменения количества, взаимного расположения, размеров и формы отдельных нанокристаллов, делают их очень перспективной материально–технической базой для квантово–информационных технологий и устройств следующего поколения [3]. Целью данной работы являлись моделирование и анализ оптической активности хиральных молекул и хиральных суперкристаллов, состоящих из нехиральных квантовых точек.

Как следует из названия, молекулы из квантовых точек – это квантово-механические системы, состоящие из взаимодействующих полупроводниковых нанокристаллов и имеющие нелокализованные электронные состояния с волновой функцией на подобие органических молекул. В первой части работы представлена первая теория хиральных молекул из квантовых точек, которая позволяет аналитически вычислить и оптимизировать оптическую активность основных конфигураций таких взаимодействующих квантовых систем. Если взаимодействие между квантовыми точками является пренебрежимо малым, то первое возбужденное состояние молекулы из

N квантовых точек будет N – кратно вырождено. Сильное взаимодействие между квантовыми точками частично или полностью снимает это вырождение и ведет к формированию нелокализованных молекулярных состояний, каждое их которых является линейно суперпозицией состояний квантовых точек, составляющих молекулу.

Каждая из квантовых точек, как предполагается, имеет дипольный момент, связанный с основными межзонными переходами между размерно–квантованными состояниями пространственно ограниченных носителей заряда. Это предположение позволяет рассматривать квантовые точки в виде длинных наностержней с их наибольшим измерением вдоль направления роста кристаллической структуры. Мы использовали разработанную модель, чтобы аналитически вычислить волновые функции, энергетический спектр, вращательные силы и коэффициенты диссимметрии димера, тримера и тетрамера состоящих из двух, трех и четырех квантовых точек соответственно, одинаковых во всех отношениях, кроме направлений их дипольных моментов.

Мы обнаружили, что взаимодействие между квантовыми точками в квантово–точечной молекуле может полностью снимать вырождение молекулярных состояний, делая их оптически активными. Энергетические зазоры между молекулярными состояниями пропорциональны $d^2/\varepsilon a^3$., а вращательные силы переходов в эти состояния пропорциональны ad^2 где d – модуль дипольного момента квантовой точки, a – расстояние между квантовыми точками, ε – эффективная высокочастотная диэлектрическая проницаемость квантовой точки. Полученные выражения были тщательно проанализированы, чтобы найти оптимальные конфигурации молекул из квантовых точек с сильным хиро–оптическим откликом. Если ширина противоположных по знаку пиков кругового дихроизма значительно превышает энергетический зазор между ними, то оптимальная геометрия квантово–точечных молекул, которая приводит к наиболее выраженным линиям в спектре кругового дихроизма, соответствует условию экстремума произведения вращательной силы и энергетического зазора между состояниями.

На (рис. 1 (a, b, c, d)) показаны три оптимальные конфигурации квантово-точечных димеров. Димер (a) соответствует абсолютному максимуму в пиках кругового дихроизма, димеры (b) и (c) отвечают седловым точкам. Интенсивности пиков в спектре кругового дихроизма димера (a) превышают интенсивности пиков в спектрах кругового дихроизма димеров (b) и (c) в 1,16 раз. Также существует континуум оптимальных конфигураций димера с интенсивностью пиков, лежащих между интенсивностями димеров (a) и (c). Эти конфигурации схематически показаны на закрашенных участках на (рис. 1d).

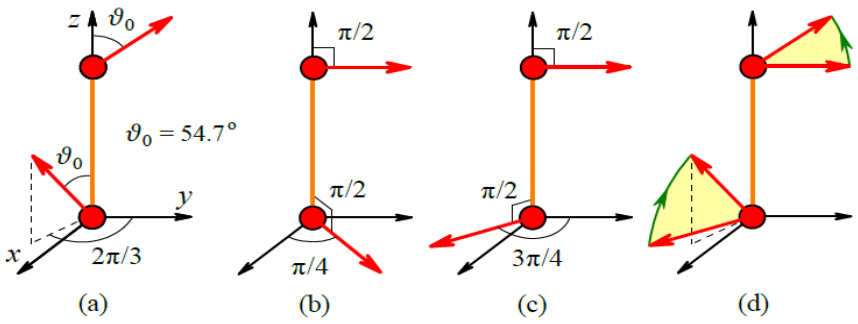


Рис. 1 (a, b, c, d). Оптимальные конфигурации квантово-точеного димера, соответствующие сильным пикам в спектре кругового дихроизма. Диполи верхних квантовых точек лежат в плоскости yz

Для типичных значений параметров материала $\varepsilon = 5$, $d = 200$ Д и $a = 7$ нм, значения коэффициентов диссимметрии g_i для димеров, показанных на рис. 1 составляют: (a) $g_1 = -0{,}71$ и $g_2 = 1$, (b) $g_1 = -1{,}31$ и $g_2 = 0{,}76$, (c) $g_1 = 1{,}85$ и $g_2 = -0{,}54$. Эти значения близки к максимальным значениям коэффициента диссимметрии (по определению он изменяется от –2 до 2) и в 10^3–10^4 раз превышают коэффициенты диссимметрии хиральных органических молекул [1], и более чем на один порядок превышают аналогичные значения для хиральных нанокристаллов [2].

Также как естественно–образованные молекулы являются элементарными строительными блоками молекулярных кристаллов, молекулы из квантовых точек могут служить в качестве строительных блоков структур более высокого порядка – суперкристаллов из квантовых точек. Такие суперкристаллы представляют собой одномерные, двумерные или трехмерные периодические сверхрешетки взаимодействующих полупроводниковых квантовых точек, которые поддерживают коллективные электронные возбуждения с волновыми функциями Блоховского типа. Во второй части работы мы использовали квантовую теорию молекулярных кристаллов [4] для изучения коллективных возбуждений (экситонов) гиротропных суперкристаллов из квантовых точек со сложными решетками, состоящими из двух или более подрешеток полупроводниковых квантовых точек.

Мы проиллюстрировали потенциалы нашего подхода, применив его для аналитического вычисления тензора линейной диэлектрической проницаемости суперкристаллов с двумя квантовыми точками на элементарную ячейку и подробно изучили пространственные дисперсии энергетических зон экситонов и компоненты тензора диэлектрической проницаемости для двумерных суперкристаллов с квадратной решеткой, которые относительно легко изготавливать на практике. Из–за наличия двух квантовых точек в элементарной ячейке суперкристалла, экситоны имеют две энергетические зоны с разной энергией. В теории молекулярных кристаллов эффект образования этих зон из вырожденных состояний подрешеток суперкристалла называется расщепление Давыдова [4]. На (рис. 2) показаны энергетические спектры экситонов в гиротропном слое КТ суперкристалла с элементарными ячейками, представленными на рис. 1(a) и рис 1(b).

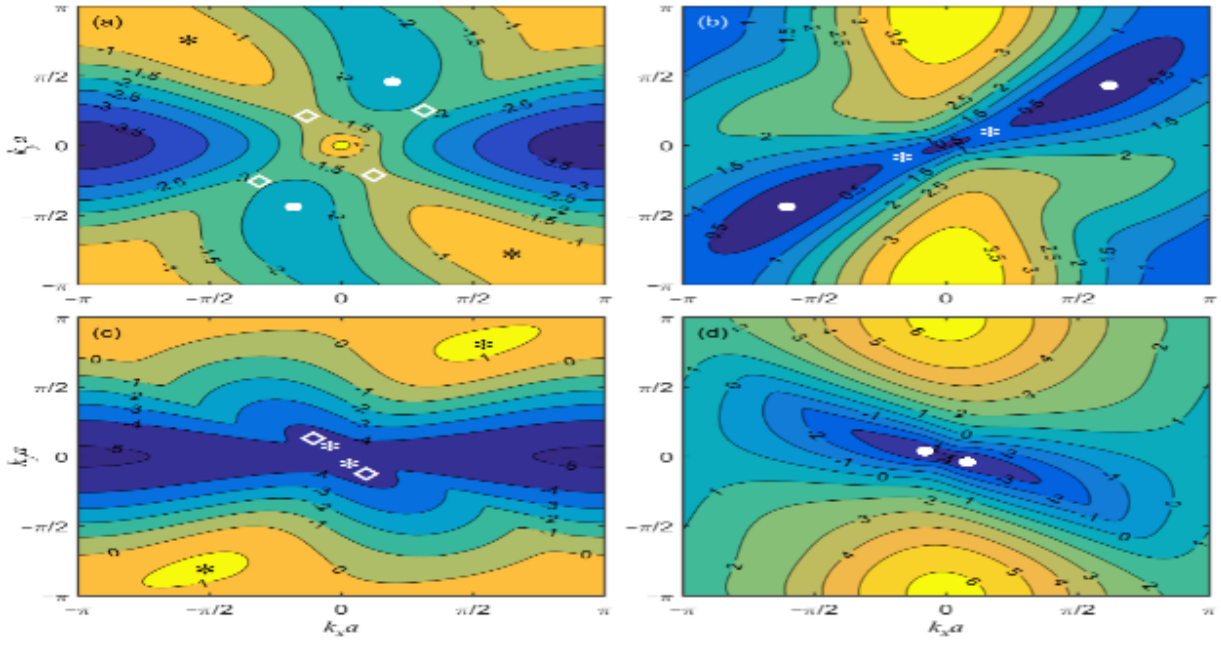


Рис. 2. Графики

Как видно из рисунка, в обоих случаях экситонные моды в первой зоне Бриллюэна невырождены. Для случая элементарной ячейки, показанной на рис. 1(a) дисперсионные поверхности демонстрируют абсолютный максимум и локальный минимум в центре зоны Бриллюэна (рис. 2(a) и рис. 2(b)). Для элементарной ячейки, показанной на рис 1(b), обе поверхности имеют седловые точки в центре зоны Бриллюэна. Видно, что дисперсия энергетических полос в этом случае сильнее, из–за более сильного взаимодействия квантово–точечных диполей в элементарной ячейке. Важной особенностью экситонных мод, показанных на рис. 2, являются критические точки, связанные с экстремумами и седловым точками поверхностей, которые расположены в точках симметрии первой зоны Бриллюэна. Эти точки соответствуют сингулярностям плотности состояний в энергетическом спектре экситонов [5]. Наличие этих критических точек может значительно усилить взаимодействие между экситонами в суперкристалле и другими элементарными возбуждениями, а также существенно изменить оптический отклик гиротропного суперкристалла из. квантовых точек плотности энергий первой (левые панели) и второй (правые панели) экситонных мод в первой зоне Бриллюэна слоя гиротропного КТ суперкристалла с квадратной решеткой Браве для двух оптимальных конфигураций элементарной ячейки, энергия выражена в единицах $d^2/\varepsilon a^3$. Белые или черные круги, ромбы и звездочки – это, соответственно, максимумы, минимумы и седловые точки в энергетических зонах

По результатам работы можно сделать вывод, что полученные аналитические выражения, обнаруженная высокая оптическая активность оптимальных конфигурации хиральных квантово-точечных молекул и полученные зависимости дисперсионных свойств хиральных суперкристаллов от взаимного расположения и свойств квантовых точек в элементарной ячейке обеспечивают систематическую и универсальную структуру для конструирования оптически активных материалов и устройств из квантовых точек для современных применений в нанофотонике и квантовой информатике.

Литература

1. Mason S.F. Molecular optical activity and chiral discriminations / Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
2. Baimuratov A.S., Rukhlenko I.D., Noskov R.E., и др. Giant Optical Activity of Quantum Dots, Rods, and Disks with Screw Dislocations // Sci. Rep. – 2015. – Т. 5. – С. 14712.
3. T. F. Watson M.A.E. S. G. J. Philips E. Kawakami D. R. Ward P. Scarlino M. Veldhorst D. E. Savage M. G. Lagally Mark Friesen S. N. Coppersmith, Vandersypen L.M.K. A programmable two-qubit quantum processor in silicon // Nature. – 2018.
4. Davydov A.S. Theory of Molecular Excitons / New York: McGraw–Hill, 1962. Вып. 1й.
5. Bassani F., Pastori Parravicini G. Electronic States and Optical Transitions in Solids / New York: Pergamon Press, 1975.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ



Антропова Мария Михайловна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра лазерных технологий и систем,
группа № В4215
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: antropovamm@mail.ru

УДК 535.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ 980 НМ ДИОДНОГО ЛАЗЕРА НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОПОВРЕЖДЕНИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА ПРИ ЕЁ ФРАКЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

М.М. Антропова
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.В. Беликов

Слизистая оболочка полости рта постоянно подвергается воздействию разнообразных повреждающих факторов: механические и химические травмы, воспалительные процессы и т.д., что приводит к хроническому ухудшению её состояния и рецессии. Для повышения тонуса, эффективности терапевтического лечения слизистой, хирургических манипуляций в полости рта и улучшения течения послеоперационного периода, актуальным является исследование возможностей стимуляции регенерации слизистой оболочки полости рта, в том числе с применением лазерного излучения [1].

В настоящее время ведутся исследования по применению фракционного лазерного фототермолиза для регенерации слизистой [2]. Однако до сих пор не рассмотрено влияние энергетических и временных параметров лазерного излучения на размеры микроповреждения и морфологию ткани вокруг него; не определен порог лазерного разрушения слизистой, а также параметры лазерного излучения, необходимые для селективного воздействия на различные слои слизистой.

Таким образом, целью работы является: определение мощности, длительности и энергии лазерного импульса с длиной волны 980 нм, при которых наблюдается порог абляции, происходит селективная абляция и коагуляция структур слизистой полости рта животного (эпителия и собственной пластинки слизистой с подслизистой основой) при фракционной лазерной обработке, а также оценка внешнего вида и показателей пролиферативной активности слизистой после фракционной лазерной обработки в сравнении с аналогичными показателями здоровой слизистой.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- На основании эксперимента по фракционной лазерной обработке слизистой на животных измерить параметры лазерного микроповреждения (диаметр абляционного кратера, ширину зоны коагуляции вокруг абляционного кратера, глубину абляционного кратера);
- Построить зависимости параметров лазерного микроповреждения от параметров лазерного излучения (мощности, длительности и энергии лазерного импульса);
- Разработать оптическую и теплофизическую модели слизистой оболочки полости рта для моделирования распространения 980 нм лазерного излучения в слизистой и лазер-индуцированного нагрева слизистой.

- Оценить внешний вид, гистологию и пролиферативную активность слизистой оболочки полости рта сразу после и в процессе регенерации после фракционного лазерного воздействия.

Для оценки параметров лазерного микроповреждения был проведён *in vivo* эксперимент [3] с участием 6 лабораторных крыс самцов линии Vistar. У животных под наркозом (Золетил в дозе 40 мг/кг массы внутрибрюшинно) одиночными импульсами с различными параметрами лазерного излучения (39 комбинаций мощности (P) и длительности (t_p)) формировали микроповреждения на слизистой оболочке полости рта. Каждое микроповреждение создавалось при контакте наконечника диаметром 400 мкм с тканью десны. При каждой комбинации мощности и длительности лазерного воздействия на соседних областях слизистой было сформировано по два микроповреждения. В ходе эксперимента внешний вид слизистой оболочки до и после лазерного воздействия фиксировался с помощью цифрового фотоаппарата. По окончании фракционной обработки проводилось выведение животного из эксперимента и забор слизисто-надкостничного лоскута для проведения гистологического исследования. Полученные срезы толщиной 7-9 мкм окрашивались гематоксилином и эозином.

Анализ гистологических срезов и фотографий полости рта позволил определить наличие очагов коагуляции и абляции слизистой оболочки полости рта, а также измерить глубину и диаметр абляционных микроповреждений, ширину зон коагуляции вокруг них. Получены зависимости диаметра абляционных микроповреждений и ширины зоны коагуляции от мощности, длительности и энергии лазерного импульса (рис. 1).

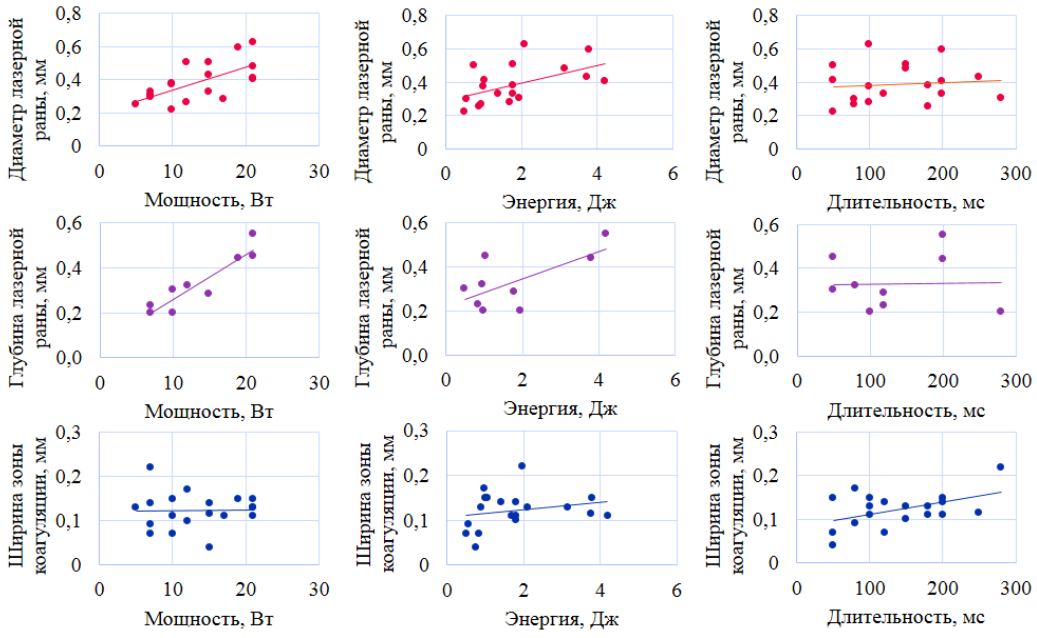


Рис. 1. Зависимости параметров лазерного микроповреждения от параметров лазерного излучения

Диаметр и глубина микроповреждения возрастают с увеличением мощности и энергии лазерного импульса и практически не изменяются с ростом длительности импульса. Ширина зоны коагуляции увеличивается с ростом длительности импульса.

Гистологическое исследование показало, что в результате фракционного лазерного воздействия в слизистой полости рта при различных пространственно-энергетических параметрах лазерного излучения на клеточном и тканевом уровнях наблюдаются: абляция ткани, вытягивание и компактизация ядер базального слоя

эпителия, исчезновение гранул кератогиалина, деструктуризация соединительной ткани, транссудат с просвете абляционного отверстия, стаз эритроцитов в сосудах, исчезновение поперечной исчерченности в мышечных волокнах.

Согласно полученным данным, формирование абляционного микроповреждения начинается при P = 5 Вт, t_p =100 мс. В этом случае затрагивается только эпителиальный слой – происходит его отслоение от собственной пластинки слизистой. Наблюдаемый эффект был объяснен в рамках модели слизистой, состоящей из 4 плоских слоёв: эпителиального (70 мкм), папиллярного (30 мкм), ретикулярного (180 мкм) и мышечного (600 мкм). Толщина каждого слоя была определена на основе анализа проведенного гистологического исследования, а физические параметры рассчитаны теоретически. Моделирование распространения 980 нм лазерного излучения в слизистой оболочке показало, что слизистая достаточно прозрачна для данной длины волны – доля энергии, поглощенной во всех слоях, составила около 9 %. Моделирование лазер-индуцированного нагрева слизистой оболочки показало, что при энергии лазерного импульса 0,5 Дж, эпителиальный слой нагревается до T = 42.5°C, а температура папиллярного слоя достигает температуры кипения воды (T = 100°C), взрывное вскипание которой обуславливает расслоение ткани, что подтверждается гистологическим исследованием. При P = 7 Вт, t_p = 120 мс дно абляционного кратера достигает собственной пластинки слизистой. Соотношение ширины к глубине абляционного микроповреждения составляет 1:1. При P = 10 Вт, t_p = 100 мс в эпителиальном и подслизистом слоях слизистой формируется абляционное микроповреждение с соотношением 1:1.5.

Представленные сочетания параметров лазерного излучения могут быть использованы для стимуляции регенерации слизистой оболочки полости рта, так как селективное воздействие на различные слои слизистой может стимулировать регенерацию слизистой в целом.

Для оценки регенерации слизистой был проведён *in vivo* эксперимент [4] с участием 20 лабораторных крыс самцов линии Vistar. Облучение диодным лазером (длина волны излучения 980 нм) проводилось в двух сегментах верхней челюсти по два режима на сегмент. Сегмент челюсти был разделен на три зоны, в двух из которых проводилась лазерная фракционная обработка, а зона между ними выступала в качестве контрольной.

Фракционная лазерная обработка проводилась в четырёх режимах: режим №1 (P = 5 Вт, t_p = 100 мс, E = 0.5 Дж); режим №2 (P = 7 Вт, t_p = 120 мс, E = 0.84 Дж); режим №3 (P = 10 Вт, t_p = 100 мс, E = 1 Дж). Фактор заполнения при фракционной обработке в этих режимах был подобран таким образом, чтобы суммарный вклад энергии в облученную область был одинаковым и его плотность составляла ~200 Дж/см^2. Режим №4 (P = 7 Вт, t_p = 120 мс, E = 0.84 Дж) отличался большей плотностью суммарной энергии (~335 Дж/см^2), что было достигнуто за счёт увеличения фактора заполнения.

В ходе эксперимента слизистая оболочка полости рта была сфотографирована перед, непосредственно после и через 5, 7 и 28 дней после однократной и через 28 дней после трехкратной лазерной обработки.

В области, подвергшейся облучению, было обнаружено несколько визуально-различимых эффектов, возникающих в процессе регенерации слизистой: осветление, связанное с разрастанием коллагеновых волокон в собственной пластинке слизистой и подслизистой основе; покраснение, обусловленное реакцией сосудистого русла на воспалительный процесс; дефект, представляющий собой не до конца зажившие лазерные микроповреждения и некроз – тотальная гибель ткани в зоне обработки.

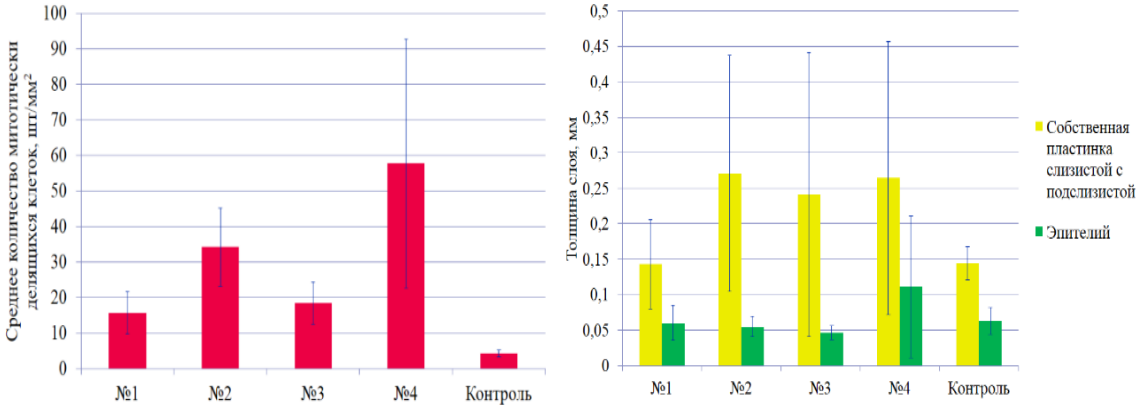
Частота возникновения этих эффектов – количество эффектов, отнесенное ко всем случаям – зависит от энергетических и временных параметров лазерного излучения. Установлено, что с ростом мощности и энергии импульса осветление зоны воздействия

наблюдается реже, а дефект и некроз ткани чаще.

Выявлено, что отклик ткани отличается в разные дни после фракционной лазерной обработки. На 5-й день преимущественно наблюдается некроз (78 %) и дефект ткани (70 %). На 7-й день в 50% случаев появляется покраснение. На 28-й день после однократной и трехкратной обработок во всех случаях присутствует осветление зоны воздействия.

Важной характеристикой регенерации является пролиферативная активность. Для её оценки было посчитано количество митотически делящихся клеток в поле зрения по гистологическим препаратам с иммуногистохимической окраской. Во всех 4 режимах лазерная обработка привела к статистически значимому увеличению количества делящихся клеток по отношению к контролю, что говорит об активной регенерации слизистой (рис. 2а)

Толщина слизистой играет важную роль для успешной имплантации. На основе анализа гистологических срезов слизистой оболочки полости рта крыс, были определены толщина эпителия и толщина подслизистой основы с собственной пластинкой слизистой на 28-й день после трехкратного фракционного воздействия. Результаты измерений были сопоставлены и сравнены с толщиной этих слоев слизистой оболочки в контроле (рис. 2б).



а) б)

Рис. 2. Отклик слизистой после фракционной лазерной обработки для различных режимов воздействия и контроля: а) пролиферативная активность слизистой на 5-й день после обработки; б) толщина эпителия и собственной пластинки слизистой с подслизистой основой на 28-й день после обработки (№1, №2, №3, №4 – режимы лазерной обработки)

Видно, что после воздействия в режимах №2, №3 и №4 толщина собственной пластинки слизистой с подслизистой основой увеличились примерно в 2 раза по отношению к контролю. Толщина эпителия после лазерной фракционной обработки превышала толщину в контроле только после воздействия в режиме №4.

В процессе работы были решены поставленные задачи.

По результатам исследований для эффективной регенерации рекомендован режим №4 (P = 7 Вт, t_p = 120 мс, E = 0.84 Дж, F = 350±100 мкБ/см^2), так как в этом случае наблюдается наибольшая пролиферативная активность слизистой и наибольшее увеличение толщины эпителия и собственной пластинки слизистой с подслизистой основой по отношению к контролю.

Фракционная лазерная обработка может рассматриваться как метод стимуляции регенерации слизистой оболочки полости рта и требует дальнейшего клинического исследования.

Литература

1. Bykov, I.V. Injury and reparative regeneration of the oral mucosal epithelium after cytostatic drugs administration (tissue, cell and molecular mechanisms) / I.V. Bykov, V.L. Leontieva // Morphology. - 2011. - № 3. - С. 7-18.
2. Gladkova, N.D. Histological response of oral mucosa on fractional laser photothermolysis in animal experiments / N.D. Gladkova, F.I. Feldstein, M.M. Karabut // Modern Technologies in Medicine. - 2012. - № 3. - С. 7-11.
3. Belikov A.V., Ermolaeva L.A., Korzhevsky D.E., Sergeeva E.S., Semyashkina Y.V., Antropova M.M., Fedotov D.Y., Zaitseva M.A., Kashina T.V. Histological examination of the oral mucosa after fractional diode laser irradiation with different power and pulse duration // Proceedings of SPIE - 2018, Vol. 10716, pp. 107160Y.
4. Belikov A.V., Ermolaeva L.A., Korzhevsky D.E., Sergeeva E.S., Semyashkina Y.V., Antropova M.M., Fedotov D.Y., Zaitseva M.A., Kashina T.V. Histological examination of the oral mucosa regeneration after fractional diode laser treatment with a wavelength of 980 nm // Proceedings of SPIE – 2018, Vol. 10685, pp. 1068526.



Булочникова Татьяна Алекандровна
Год рождения: 1995
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
группа № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
e-mail: bulochnikova.tatyana95@mail.ru

УДК: 339.138

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Т.А. Булочникова
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И Сергиенко

Любая производственная деятельность связана с определенными рисками: финансовыми, природно-естественными, экологическими, политическими, транспортными, имущественными, производственными, торговыми, коммерческими, инвестиционными, рисками, связанными с покупательной способностью денег, инфляционными и дефляционными, валютными, рисками ликвидности, упущенной выгоды, снижения доходности, прямых финансовых потерь, процентными, кредитными, биржевыми, селективными и др. Наибольший интерес в природоохранной практике представляют техногенные и экологические риски.

Экологический риск – это вероятность возникновения отрицательных изменений окружающей среды или последствий этих изменений, возникающих вследствие отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Техногенные и экологические риски есть у каждого предприятия и производителя, что обуславливает необходимость их анализа, учета и управления. При управлении экологическими и техногенными рисками решается целый комплекс задач, связанных с регулированием эффектов воздействия на человека и окружающую среду.

Управление экологическими рисками в последнее время является очень актуальной проблемой, поскольку направлено на охрану благосостояния общества и благополучие окружающей природной среды [1 – 3].

В выпускной квалификационной работе рассматривается деятельность предприятия Филиал ООО «Тойота Мотор» в Санкт-Петербурге с точки зрения управления экологическими рисками, которые связаны с экологическим аудитом в соответствии со стандартами ISO 14001 и Тойота-СЭМ.

Целью работы являлась разработка предложений по оценке экологических рисков и управление ими в соответствии с требованиями ISO 14001 в рамках экологического аудита на предприятии автомобильной отрасли.

Актуальность темы подтверждается тем, что сейчас в нашей стране происходит процесс перехода на обновленную версию стандарта ISO 14001: 2015 с усиленным акцентом на управление экологическими рисками в жизненном цикле продукции, анализ контекста организации и учет влияния заинтересованных сторон. Вследствие появления новых требований при проведении экологического аудита могут быть выявлены несоответствия, которые в дальнейшем могут привести к лишению сертификата соответствия стандарту.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- изучить систему экологического менеджмента предприятия Тойота-СЭМ;
- изучить результаты экологического аудита Тойота-СЭМ;
- разработать систему анализа и оценки результатов экологического аудита Тойота-СЭМ за 2016 и 2017 гг., выявить несоответствия и области для улучшения;
- составить план внедрения корректирующих действий на основе выявленных несоответствий и областей для улучшения;
- разработать корректирующие действия для требований, получивших минимальную оценку во время экологического аудита Тойота-СЭМ за 2016 и 2017 гг.;
- провести оценку внедренных корректирующих действий.

В работе рассмотрены корректирующие действия, связанные со снижением экологических рисков, связанные с возникновением жалобы со стороны населения за запахи, а также не достижением поставленной цели по выбросам CO_2.

В ходе внедрения корректирующих действий, связанных с возникновением жалобы со стороны населения за запахи и основываясь на сравнительной оценке, внедренные корректирующие действия привели к улучшению результатов по рассматриваемому требованию стандарта Тойота-СЭМ в 2017 финансовом году. Это говорит об эффективности внедренных процедур, однако в связи с отсутствием в России законодательных требований в области запахов, в настоящее время замеры и оценка запахов, образующихся на территории завода вызывают затруднения. В качестве решения проблемы было принято проведение обучение сотрудников завода Тойота в Санкт-Петербурге замерам запахов, обнаруженных на территории завода в результате проведенного патруля. Для анализа предлагается рассмотреть мешочный метод замера, используемых в Японии. Внедрение на заводе мониторинга и анализа обнаруженных запахов позволит в дальнейшем избежать получения жалоб со стороны населения.

Также в работе рассмотрен способ достижения цели по выбросам CO_2 на этапе №1- Снижение выбросов CO_2 на 27% к 2020 году по сравнению с 2013 годом.

Был проведен анализ возможности снижения выбросов CO_2 за счет использования зеленой энергии. Первым вариантом являлась покупка зеленой энергии от генерирующей мощности. Второй вариант основывался на опыте европейских стран в области покупки зеленых сертификатов на зеленую электроэнергию. К сожалению, в России нет системы сертификации электроэнергии, произведенной с помощью возобновляемых источников, однако компании, располагающиеся на территории России, имеют возможность покупки зеленых сертификатов в странах, где такая система внедрена. В качестве страны-поставщика была выбрана Финляндия вследствие близкого расположения [4].

По итогам проведения эколого-экономической оценки можно прийти к выводу, что оба варианта являются эффективными, однако не рентабельными в виду отсутствия в России платы за выброс CO_2, которая могла бы привести к экономии в результате сокращения потребления энергоресурсов и использовании электроэнергии с нулевым выбросом CO_2.

Однако для достижения поставленной цели внедрение данных проектов является необходимым. Поскольку точная эффективность предложенных проектов неизвестна в виду отсутствия опыта покупки зеленой электроэнергии, предлагается проведение пробной закупки зеленой электроэнергии в объеме 100 кВт. Это поможет отработать принцип заключения договоров такого типа и определить точную эффективность каждого проекта. Эффективность проектов будет оценена в ходе проведения экологического аудита по Тойота-СЭМ в 2018 финансовом году.

Основываясь по проведенном анализе результатов аудита Тойота-СЭМ за 2016 и 2017 финансовый год можно провести сравнительную оценку и определить прогресс в результате внедрения корректирующих действий, согласно разработанному плану действий.

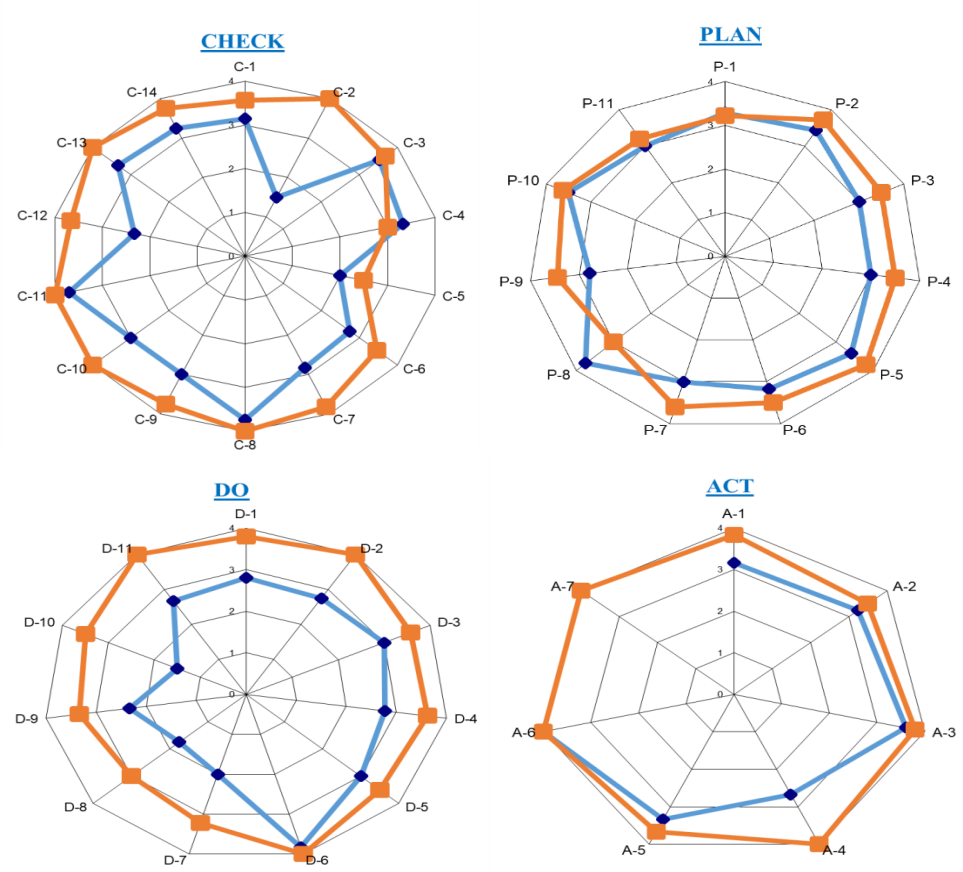


Рис. 1. Сравнение результатов экологического аудита 2016 и 2017 гг.

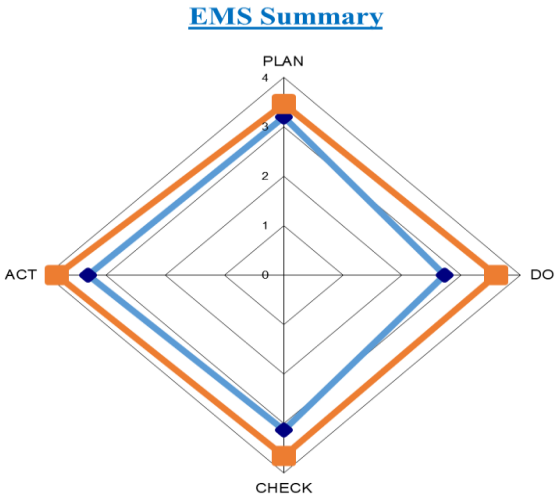


Рис. 2. Оценка результативности экологического аудита 2016 и 2017 гг. в соответствии с циклом Деминга

Благодаря данной оценке виден прогресс, полученный в результате внедрения корректирующих действий на основе областей для улучшения, выявленных во время экологического аудита Тойота-СЭМ. Однако можно заметить, что некоторые разделы получили более низкую оценку по сравнению с 2016 г. Это связано с внедрением обновленной версии стандарта ISO 14001 в 2015 году и отсутствием внесения изменений в существующую документацию предприятия (рис. 1, 2).

Литература

1. Борцова С., Конюхова И., Мирджалалова З., Печенюк О., Сливченко Л. Практические рекомендации по оценке экологических рисков. - Бишкек.: 2015. - 130 с.
2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. - М.: Наука, 1982.
3. Плешаков С. А., Ларионова О. С. Экологическая экспертиза и аудит (интерактивный курс): учебно-практическое пособие / Саратов.: Изд-во СГАУ, 2012. - 20 с.
4. Ваганов П.А. Как рассчитать риск угрозы здоровью из-за загрязения окружающей среды. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. – 129 с.



Бутова Дарья Владимировна
Год рождения: 1995
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4201
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: burninhellunibureaucracy@mail.ru

УДК 681.7-1/-9

СВЕРХЛЕГКОЕ ГЛАВНОЕ ЗЕРКАЛО ТЕЛЕСКОПА КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ И СПОСОБЫ ЕГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА ФЕРМЕ ТЕЛЕСКОПА

Д.В. Бутова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Д. Толстоба

Работа инициирована АО «ГОИ им. С.И. Вавилова»

С появлением летательных аппаратов осуществлялись и первые опыты наблюдения земной поверхности. Первыми приборами, используемыми для этих целей, были приборы с линзовой оптикой. Построение наблюдательного линзового оптического прибора предполагает использование некоторого ряда оптических поверхностей, исправляющих геометрические и хроматические аберрации, которые возникают при прохождении излучения через прибор.

При прохождении излучения через линзовую систему, во-первых, возникают геометрические и вследствие дисперсии хроматические аберрации, во-вторых, уменьшается интенсивность излучения. Зеркальные системы лишены этого недостатка.

Для повышения качества оптической системы требуется увеличение входной апертуры и последующих элементов линзовой системы, ведущее к увеличению габаритов и массы прибора. Фактор массы крупногабаритного главного зеркала телескопа, особенно орбитального использования, считается вторым по значимости в перечне требований по созданию подобных изделий. [1 – 3] Преодолеть этот недостаток позволяет использование зеркальных систем, что и наблюдается в тенденци разработки современных космических зеркальных телескопов.

Современное изготовление оптических телескопов связано с использованием новых материалов, как для самих оптических элементов, так и для построения корпусов. При проектировании закладывается такая прочность конструкции, чтобы телескоп мог выдержать стартовые нагрузки равные 10g (98,1 Н/кг).

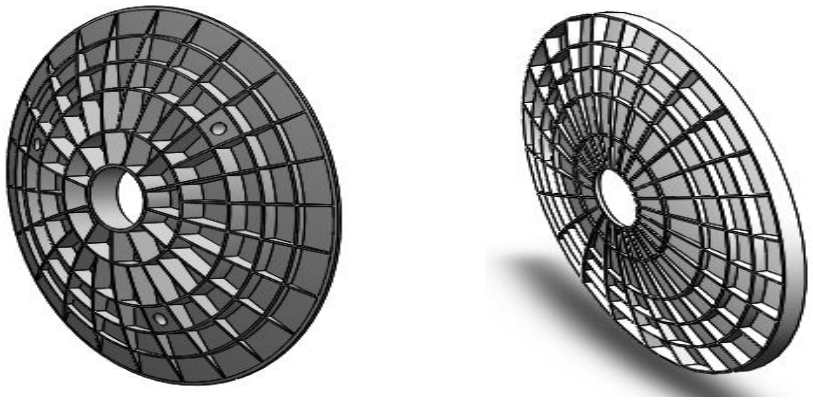
В данной работе показано, что в исходной конструкции телескопа при стартовых нагрузках у зеркал, включая главное, и фермы остается запас
прочности (напряжения в материале, как минимум, на порядок меньше предельно допустимого значения напряжений). Данная магистерская диссертация посвящена предположению о том, что такой запас по напряжению материала позволит при проектировании допустить большие деформации отражательной пластины при стартовых нагрузках (порядка 10 мкм) на основании того, что на орбите материал вернется к своему исходному, за-ложенному земной обработкой качеству отражательной поверхности ОП. Таким образом, открывается путь к более значительному уменьшению массы.

Цель работы: разработка конструкции облегчения, принятой к исполнению (исходной) конструкции зеркала космического телескопа с сохранением прочностных параметров.

Выпускная квалификационная работа выполняется на базе предприятия ¾ ГОИ им. С.И. Вавилова.

Максимальное напряжение в зеркале, установленное на трех точках при нагрузке 10g (нагрузка, испытываемая зеркалом при запуске), составляет 4,8 МПа и локализована в опорных точках. Это значение в 50 раз ниже, чем предел прочности на растяжение. Такой запас по напряжению материала позволяет предположить, что деформации отражательной пластины могут быть больше, не приводя к необратимому разрушению зеркала. Это открывает путь к уменьшению массы.

Конструктивное решение показано на рисунке 1. Основная идея состоит в том, чтобы изменить заднюю сторону плоскости зеркальной заготовки на сферическую. Такая форма зеркальной заготовки называется мениском, так как знаки радиусов передней и задней сторон совпадают. Центр радиуса кривизны этой поверхности находится по ту же сторону от зеркальной поверхности, что и центр радиуса кривизны последней. Мениск может быть положительным и отрицательным. Мениск положительный, когда осевая толщина больше внешней (рис. 1a). Мениск отрицательный, когда осевая толщина меньше внешней (рис. 1b).



(a) (b)

Рис. 1. Конструкции зеркала с тыльной сферической стороной: (a) 33,1 – 48,8 облегчения от исходной, опора на центральное кольцо: макс. деформация ОП 2,3 мкм; (b) 32,9 – 47,5 % облегчения от исходной, опора на центральное кольцо: 0,8 мкм

Если радиус задней поверхности больше радиуса передней поверхности зеркала, а центр радиус задней поверхности совпадает с центром радиуса передней поверхности, мениск эквидистантный (рис. 2a). Если радиус задней поверхности больше, чем радиуса передней поверхности зеркала, и их центры не совпадают (но они находятся на оптической оси), мениск отрицательный (рис. 2b). Если радиус задней поверхности меньше радиуса передней поверхности зеркала и их центры не совпадают (но они находятся на оптическом оси), мениск положительный. Если радиус задней поверхности равно радиусу передней поверхности зеркала, а их центры совпадают (но они находятся на оптической оси), мениск положительный.

Была прослежена интересная зависимость деформаций поверхности от толщины зеркала. На (рис. 2) представлены изображения деформаций зеркальной поверхности зеркала менисковой структуры с большей толщиной по внешнему краю. При увеличении толщины зеркала увеличиваются и деформации поверхности при опоре за внешний цилиндр, аналогично простой чаше при опоре за кромку. Но при этом они распределяются более равномерно. Деформации при креплении на три точки наоборот - уменьшаются.

Самые большие деформации (9,8 мкм) сопровождаются напряжениями до 1,1 МПа, что в 227 разниже прочности на растяжение. Максимальсное напряжение в этой конфигурации (при нагрузке 10g) составляет 10,8 МПа. Это значение в 23 раза ниже предела прочности при растяжении. Это означает, что зеркало будет выдерживать нагрузки запуска ракеты даже в наиболее слабой по прочности конструкции из этого набора. Опора на всей тыльной стороне зеркала с массой 33 кг приводит к смещениям поверхности зеркала в ячейках 0,005 мкм. Это означает, что такая конфигурация может быть легко изготовлена при опоре на тыльную сторону без использования других специальных опор.

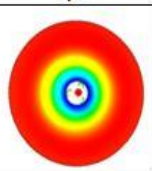
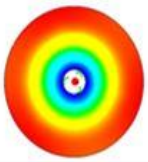
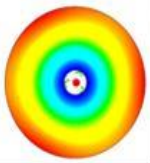
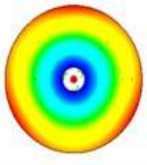
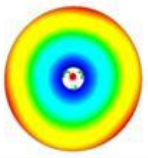
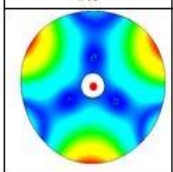
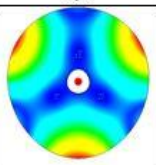
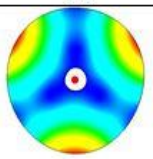
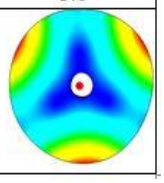
Толщина по краю, мм	5				
Толщина по центру, мм	10	20	30	40	50
Масса, кг	23	26,3	28,9	31,4	33,9
Деформации при креплении за внешнее кольцо, мкм	5,5	4	3,2	2,6	2,1
					
Деформации при креплении на три точки, мкм	Too thin to be mounted on three points	7.9	6,2	4.6	3.6
					

Рис. 2. Конструкция зеркала в форме положительного мениска

Конструкция фермы объектива телескопа состоит из двух конструктивных элементов: набора трубок различной длины. двух наборов пластин, отформованных в виде кольцевых сегментов и двух плоских колец. Выбор трубчатой формы сечения несущих элементов обусловлен наличием готовых изделий. Расчеты произведены в САПР Solid Works при помощи встроенного модуля для инженерного анализа Solid Simulation. Выбор программы обусловлен более точным и менее затратным по времени, по отношению к аналитическому способу, произведением расчетов. К тому же, программа предоставляет наглядную демонстрацию расчетов.

Выводы по проведенным расчтам Возникающие напряжения при стартовых нагрузках 10g лежат в зоне малых значений по отношению к предельному. Поэтому их можно отнести к упругим, возвращающим размеры детали в исходное положение при снятии нагрузок без остаточных деформаций и, тем более, разрушений.

Итого:

- Проведен анализ исходной конструкции зеркала, который позволил проводить сравнение разрабатываемых конструкций с исходной.
- Разработана система облегчения зеркала, представляющая собой менискообразную форму.
- Проведен анализ исходной конструкции крепления зеркала и фермы телескопа, показавшие, что исходные конструкции не нуждаются в существенной доработке, поскольку выдерживают нагрузки, имитирующие стартовые.
- Исследованы возможные варианты конструкции фермы телескопа: сплошная и с увеличенным количеством стяжек.

- Разработаны варианты крепления главного зеркала телескопа менискообразной формы: на три точки, за внешний край и за внутренний край.

Литература

1. Chanan G., MacMartin D. G., Nelson J., Mast T. Control and alignment of segmented-mirror telescopes: matrices, modes, and error propagation // Applied Optics. 2004. Vol. 43, N 6. P. 1223 – 1232.
2. Edeson R., Aglietti G. S., Tatnall A. R. L. Conventional stable structures for space optics: the state of the art //ActaAstronaut. 2010. Vol. 66. P. 13–32.
3. Hickey G., Barbee T., Ealey M., Redding D. Actuated hybrid mirrors for space telescopes // Proc. SPIE. 2010.Vol. 7731. P. 773120–1–12.



Вертегел Денис Александрович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем,
группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: vertegeldenis@gmail.com

УДК 621.341.572

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИНВЕРТОРОВ С ВЫСОКИМ ДИАПАЗОНОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА НАГРУЗКЕ

Д.А. Вертегел
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.С. Томасов

На сегодняшний день одной из наиболее сложных задач электромеханики является создание прецизионных систем электропривода для телескопов траекторных измерений (ТТИ). Это связано с тем, что приборный электропривод ТТИ должен обеспечивать уникально высокое качество наведения (на уровне единицы угловой секунды) при решении задач совмещения оптической оси телескопа с линией визирования наблюдаемого движущегося объекта и пространственной стабилизации поля зрения телескопа и оптического изображения в его фокальной плоскости. При этом в современных системах прецизионного электропривода диапазон регулирования скорости вращения может определяться значениями от единиц угловых секунд до десятков градусов в секунду [1, 2].

Проектирование подобных приводов неразрывно связано с применением энергоэффективных преобразователей частоты, которые используются в качестве управляемых усилителей мощности. Так как их принцип функционирования основан на импульсном режиме работы, то помимо гладкой составляющей основной гармоники напряжения и тока данные преобразователи также привносят высокочастотные пульсации. Генерируемые пульсации тока, в свою очередь, неизбежно приводят к пульсациям электромагнитного момента двигателя, что является крайне нежелательным для приборного электропривода. Таким образом, при проектировании прецизионных сервоприводов ТТИ необходимо учитывать дискретность протекания электромагнитных процессов в энергоподсистеме сервопривода [1 – 3].

Для снижения уровня пульсаций тока и момента существует несколько подходов. Первый заключается в применении многоуровневых инверторов напряжения, которые позволяют генерировать многоступенчатый выходной сигнал. Улучшение гармонического состава выходного напряжения и тока подобных преобразователей частоты заключается в том, что они сочетают в себе два типа модуляции: амплитудную и широтно-импульсную. Кроме того, в многоуровневых инверторах напряжения применяются транзисторы, рассчитанные на меньшие напряжения и, как следствие, обладающие меньшим временем переключения. Вторым подходом является разработка и совершенствование алгоритмов управления силовыми ключами преобразователя. При этом в многоуровневых инверторах используют два вида широтно-импульсной модуляции – синусоидальную (СШИМ) и пространственно-векторную (ПВШИМ). Последняя, несмотря на относительную сложность алгоритма управления, привлекает внимание разработчиков систем электропривода более высоким качеством

формируемого напряжения и тока [2, 3].

Важно отметить, что многоуровневые инверторы напряжения позволяют не только повысить энергоэффективность и улучшить гармонический состав формируемого напряжения и тока, но и значительно увеличить диапазон регулирования напряжения на нагрузке, что является крайне необходимым для обеспечения широкого диапазона регулирования скорости вращения электропривода, в связи с чем применение многоуровневых инверторов напряжения в системах приборных приводов на сегодняшний день является перспективным решением [2].

Важно отметить, что оценка качества формируемого тока, как правило, производится с помощью коэффициента гармоник фазного тока (*THD – Total Harmonic Distortion*), однако данный критерий не учитывает фазовый спектр пульсаций тока. В свою очередь, электромагнитный момент синхронного двигателя можно представить следующим выражением:

$$M = C \cdot \left|\underline{I}\right| sin\,\phi, \tag{1}$$

где C – постоянный коэффициент, учитывающий потокосцепление ротора, а $\underline{I}$ – обобщенный вектор тока статора. Так как момент электрической машины пропорционален обобщенному вектору тока статора, то и оценку качества следует производить по величине пульсаций модуля $\left|\underline{I}\right|$. Подобную оценку позволяет произвести коэффициент вариации (*CV* – Coefficient of Variation), который в отличие от THD учитывает фазовый спектр пульсаций тока:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{T_1}\int_0^{T_1}\left(\left|\underline{I}\right|(t) - \overline{\left|\underline{I}\right|}\right)^2 dt}}{\overline{\left|\underline{I}\right|}}, \tag{2}$$

где $\overline{\left|\underline{I}\right|} = \frac{1}{T_1}\int_0^{T_1}\left|\underline{I}\right|(t)dt$ – среднее значение модуля за период основной гармоники тока $T_1 = 1/f_1$ [18].

В основе ПВШИМ заложено представление возможных состояний инвертора в виде базовых векторов, которые разбивают плоскость между фазными осями на треугольные сегменты и секторы, образующие равносторонние треугольники с концами соответствующих векторов в вершинах. При этом сигнал модуляции также представляется вектором $\underline{U}^*$, который, вращаясь внутри ограниченной базовыми векторами области, формирует мгновенные фазные напряжения, равные проекциям данного вектора на соответствующие фазные оси [3, 4].

При реализации векторного алгоритма существует избыточность последовательностей формирования базовых векторов. Всего таких последовательностей для любого из сегментов сектора шесть. При этом изменение последовательности формирования базовых векторов внутри сегмента будет неизбежно приводить к изменению формы годографа формируемого вектора тока, что повлечет изменение уровня его пульсаций [3].

Таким образом, при реверсировании направления вращения вектора $\underline{U}^*$ необходимо производить изменение последовательности переключения базовых векторов так, чтобы новая последовательность являлась зеркально симметричной относительно биссектрисы центрального угла текущего сектора. Подобный подход к выбору алгоритма обеспечит одинаковую траекторию обхода базовых векторов относительно направления вращения вектора $\underline{U}^*$ и, как следствие, одинаковый уровень пульсаций тока [3].

Результаты моделирования, полученные для всех возможных комбинаций

траекторий обхода базовых векторов внутри каждого из сегментов, представлены на (рис. 1) в виде области, в которой находятся все кривые коэффициента вариации обобщенного вектора тока статора при изменении индекса модуляции амплитуды *Ma*. Математическое моделирование производилось в пакете программ *MatLab/Simulink*.

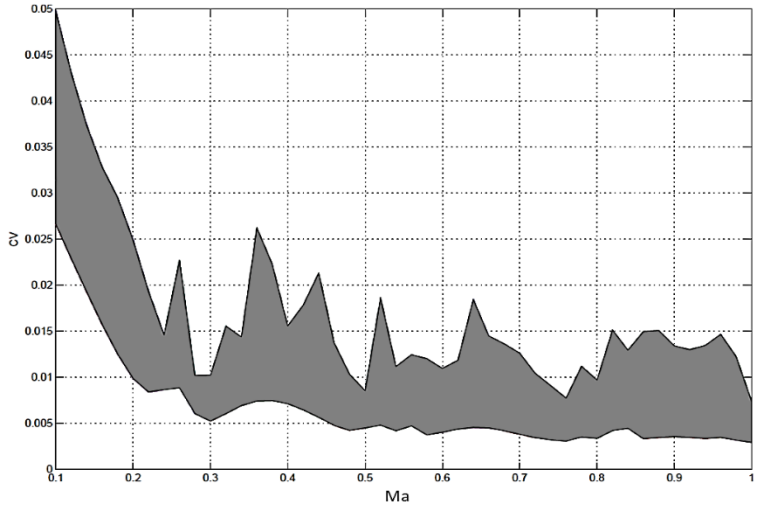


Рис. 1. Коэффициент вариации вектора тока статора при ПВШИМ

Из представленных выше результатов наглядно видно, что при значениях индекса модуляции, соответствующих переходу вектора $\underline{U}^*$ из одной зоны модуляции в другую, происходит скачкообразное изменение пульсаций годографа вектора тока статора, что в свою очередь, обусловлено изменением алгоритма коммутации силовых ключей. При этом в зависимости от выбора траектории обхода базовых векторов значение коэффициента вариации в данных точках изменятся более чем в четыре раза. Очевидно, что наименьший уровень пульсаций соответствует алгоритму, обеспечивающему характеристику в виде нижней огибающей области возможных значений CV вектора тока статора.

Как уже отмечалось ранее, существенным преимуществом многоуровневого инвертора по сравнению с двухуровневым является то, что он позволяет расширить диапазон регулирования напряжения на нагрузке, что, в свою очередь, приводит к расширению диапазона регулирования скорости.

Ограничение диапазона линейного регулирования связано с наличием в системе мертвого времени, определяемого конечным временем переключения силовых ключей. Данная задержка оказывает существенное влияние на линейность регулировочной характеристики инвертора напряжения при малых значениях индекса модуляции амплитуды, когда длительности формируемых управляющих импульсов становятся соизмеримы с величиной мертвого времени [5].

Так как в основе алгоритмов управления многоуровневыми инверторами напряжения заложена многозонная импульсная модуляцию, выходное напряжение инвертора делится на уровни. При этом широтно-импульсная модуляция (ШИМ) осуществляется только в пределах одного из уровней. В свою очередь, уменьшение величины коммутируемого напряжения приводит не только к снижению пульсаций, но и к уменьшению основной гармоники напряжения при постоянном значении мертвого времени, что приводит к соответствующему расширению диапазона регулирования скорости электропривода в сравнении с двухуровневым инвертором.

На (рис. 2) представлены результаты моделирования для двухуровневого и пятиуровневого инверторов напряжения, частота модуляции 20 кГц, величина мертвого

времени 2 мкс. Из полученных результатов видно, что величина зоны нечувствительности для пятиуровневого инвертора уменьшилась в четыре раза.

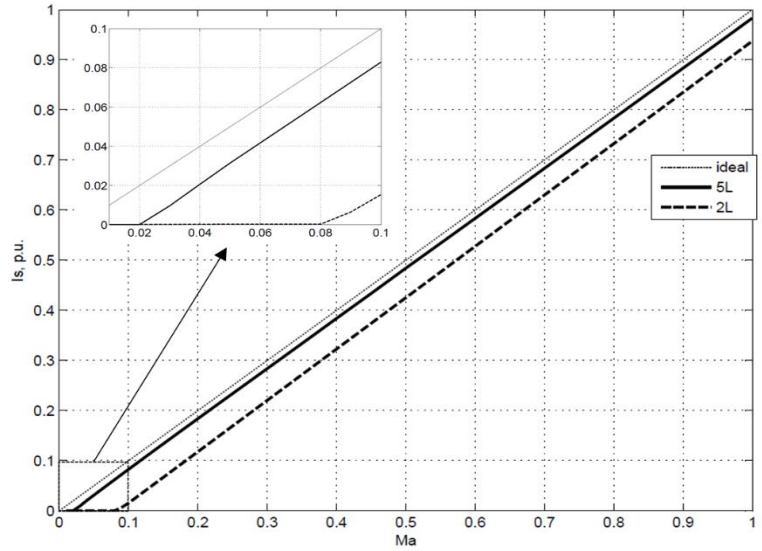


Рис. 2. Регулировочные характеристики пятиуровневого и двухуровневого инверторов напряжения

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Так как основной задачей преобразователя частоты в системах приводов переменного тока является обеспечение кругового годографа вектора тока статора, то оценку качества формируемого тока следует производить посредством коэффициента вариации, учитывающего фазовый спектр высших гармоник пульсаций тока статора.
2. При реализации алгоритма пространственно-векторной ШИМ, изменение последовательности формирования базовых векторов за период модуляции может приводить к увеличению уровня пульсаций выходного тока инвертора, что обязательно следует учитывать при изменении направления вращения вектора модуляции.
3. В гармоническом составе обобщённого вектора тока статора при ПВШИМ присутствуют скачкообразные возмущения, обусловленные изменением алгоритма модуляции при переходе вектора модуляции из одного сегмента в другой в связи с изменением величины его модуля и направления вращения.
4. Применение многоуровневых инверторов напряжения позволяет уменьшить зону нечувствительности регулировочной характеристики и, как следствие, расширить диапазон регулирования скорости электропривода пропорционально увеличению числа уровней преобразователя.

Литература

1. Sadovnikov M.A., Tomasov V.S., Tolmachev V.A. Precision Electric Drive of Optical Space Control Systems. // Izv.vusov. Priborostroenie. 2011. Vol. 54, no. 6. pp.81–86.
2. Mikheev K.E., Tomasov V.S. Analysis of Energy Performance of Multilevel Semiconductor Converters of Electric Drive Systems // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 46–52.
3. Tomasov V.S., Usoltcev A.A.,Vertegel D.A., Strzelecki R. Space vector modulation in multilevel inverters of the servo drives of the trajectory measurements telescopes //

Известия высших учебных заведений. Приборостроение - 2017, Vol. 60, No. 7, pp. 624–636

4. В. М. Берестов. Алгоритм управления многоуровневым инвертором напряжения// Электротехника. – 2006. – №10. – С. 41–46.
5. В.С. Томасов, С.Ю. Ловлин, С.А. Тушев, Н.А. Смирнов. Искажение выходного напряжения широтно-импульсного преобразователя прецизионного электропривода // Вестник ИГЭУ. 2013 г. №1.



Востриков Евгений Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра световодной фотоники,
группа № В4272
Направление подготовки: 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи
e-mail: e.v.vostrikov@yandex.ru

УДК 621.396.944

РАЗРАБОТКА МИНИАТЮРНОГО МОДЕМА С ЧАСТОТНОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ (FSK) НА БАЗЕ ПЛИС

Е.В. Востриков
Научный руководитель – к.т.н., А.С. Алейник

Частотная манипуляция получила широкое распространение в теле- и радиовещании, мобильной и проводной телефонии за счет высокой помехоустойчивости и большей энергоэффективности, в связи с тем, что мощность приемопередатчика остается неизменной во время всего процесса передачи. Для осуществления передачи информации на большие расстояния используется модуляция со смещением несущего сигнала в высокочастотную область при мощности передатчика порядка десятка ватт и чувствительности приемника порядка микроватт, в случаях, не требующих распространения сигнала на расстояния более нескольких метров, возможно использование частоты от десятка герц до сотен килогерц при мощности передатчика на уровне единиц ватт и меньшей чувствительности приемника [1]. Использование данных систем накладывает ограничения на максимальное расстояние между передатчиком и приёмником информационного сигнала, в связи с чем данные системы применяются в сферах, в которых расстояние от передатчика до приемника является относительно небольшим, так, например, в современных технологиях беспроводной зарядки помимо передачи энергии на уровне единиц ватт параллельно происходит передача информационного сигнала посредством частотной манипуляции, в свою очередь в технологиях бесконтактных смарт-карт и системах автоматической локомотивной сигнализация используется данный вид манипуляции, также в гидроакустических системах, в тех случаях, когда необходимо произвести обмен информацией между измерительными устройствами, расположенными на всем протяжении сейсмической косы, и управляющим устройством, расположенным на борту буксирующего судна.

Гидроакустические системы являются перспективной областью технической деятельности, которые позволяют производить исследования для обеспечения геофизических работ на морском дне с возможностью построения двумерной, а также трехмерной карты морского дна. Точность проведения геологоразведочных работ зависит от устройств контроля глубины сейсмической косы. Наличие элементов позиционирования в составе гидроакустического комплекса увеличивает точность измерений посредством увеличения точности позиционирования, количества чувствительных элементов и общей длины кабеля.

Устройство управления передает команды посредством аналогового сигнала, многократного усиленного ретрансляторами, входящими в состав буксируемой косы, однако осуществление передачи цифрового сигнала с последующей конвертацией в аналоговый сигнал позволяет сделать систему более гибкой, так как допускается возможность использования произвольной конструкции сейсмической косы, в

частности, использование волоконно-оптических датчиков и технологии оптический Ethernet. Для преобразования цифрового сигнала управляющего устройства в аналоговый сигнал с частотной манипуляцией используются модемы с возможностью выполнения заданного типа манипуляции. Недостатками существующих модемов с частотной манипуляцией являются большие габаритные размеры, сильная зависимость входных и выходных параметров от изменения температуры окружающей среды, а также ограниченные возможности цифровой обработки сигналов. Программируемые логические интегральные схемы способны стабильно работать в диапазоне температур от минус 40^{o}C до + 125^{o}C, в свою очередь они обладают необходимым функционалом для выполнения модуляции и демодуляции сигнала, малые габаритные размеры ПЛИС позволяют интегрировать модем с частотной манипуляцией в состав кабельной секции сейсмической косы [2].

Целью работы является разработка миниатюрный модем с частотной манипуляцией (FSK) на базе ПЛИС.

В ходе обзора литературы были рассмотрены наиболее используемые способы создания цифро-аналогово преобразователя без использования внешних микросхем. Для реализации цифро-аналогово преобразователя на базе ПЛИС был выбран способ с использованием широтно-импульсной модуляции, в основе которого используется принцип изменения скважности ШИМ в зависимости от уровня цифрового сигнала.

На ножке ПЛИС формируется сигнал, содержащий высокочастотные составляющие ШИМ-сигнала, для устранения которых был разработан каскад фильтров на основе RLC-цепи и операционного усилителя. При разработке схемы было использовано униполярное в связи с тем, что данный тип питания наиболее часто используется в миниатюрных системах. Также, данный тип питания является приоритетным по причине того, что нет необходимости разрабатывать схемы биполярного питания с использованием преобразователей напряжения и дальнейшей фильтрации их входных и выходных шумов, что увеличивает конечные размеры устройства.

В ходе данной работы была разработана принципиальная электрическая схема, осуществляющая усиление и ограничение входного. В программе Quartus 16.0 были сформированы блоки, осуществляющие преобразование закодированной последовательности в ШИМ-сигнал, тем самым было осуществлено преобразование заданной цифровой последовательности в аналоговый сигнал с частотной манипуляцией. В качестве логической единицы использовался синусоидальный сигнал с частотой 25 кГц, в качестве логического нуля использовался синусоидальный сигнал с частотой 27 кГц [3].

Были проведены работы по созданию принципиальной электрическая схема, осуществляющей фильтрацию ШИМ-сигнала и усиление выходного сигнала до пикового напряжения 12 В, данная схема представлена на рис. 1 (а).

С целью реализации сигма-дельта АЦП на базе ПЛИС использовался дифференциальный вход LVDS и интерфейс ввода/вывода общего назначения (GPIO). Схема приема сигнала с частотной манипуляцией была разработана с учетом широкого диапазона входных напряжений [4]. Схемотехнические решения с использованием операционных усилителей позволили осуществить фильтрацию поступающего сигнала и смещение его постоянной составляющей. В ходе текущей работы, была создана принципиальная электрическая схема приема сигнала с частотной манипуляцией, которая представлена на рис. 1 (б).

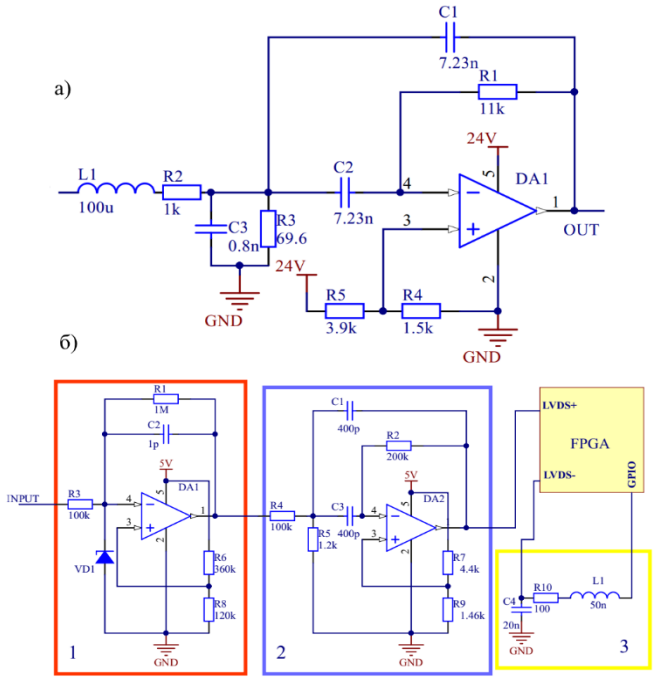


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема передачи FSK сигнала (а); принципиальная электрическая схема приема сигнала с частотной манипуляцией (б)

Использование децимирующего каскадного интегрально-гребенчатого фильтра (CIC) совместно с рассчитанным компенсационным фильтром (FIR) позволило добиться эффективной фильтрации сигнала, а также использование меньшего количества коэффициентов FIR – фильтра [5].

В результате проведенной работы был создан макет FSK модема, представленный на (рис. 2.)

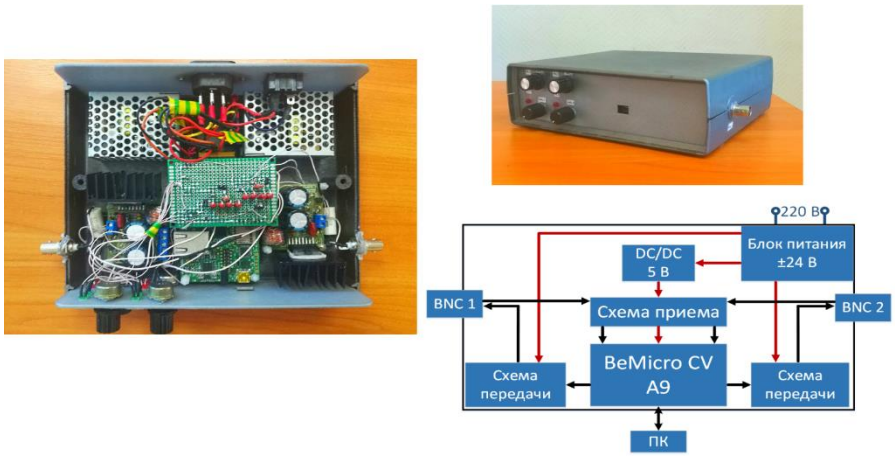


Рис. 2. Макет FSK модема

Созданный макет модема с частотной манипуляцией обладает приемлемыми параметрами для осуществления приема и передачи сигналов в гидроакустических системах. Реализованный восьмибитный ЦАП на базе ШИМ позволил добиться отношения сигнал/шум 57,7 дБ и диапазона, свободного от паразитных составляющих 27,9 дБ при сформированном ЦАП синусоидальном сигнале с частотной 26 кГц. Схемотехнические решения позволили произвести подавление высокочастотных

составляющих ШИМ-сигнала, частота которого составила 780 кГц. Разработанная принципиальная электрическая схема позволила добиться размаха выходного напряжения сигнала 12 В. Кодирование сигнала было осуществлено с использованием блоков памяти с записанными массивами данных, что позволяет формировать сигналы произвольной формы. Для удобства работы с макетом модема была осуществлена возможность формирования сообщения с изменением его содержания и длины.

Созданная принципиальная электрическая схема, реализующая прием сигнала с частотной манипуляцией, позволила осуществить прием сигнала в широком диапазоне напряжений от нескольких десятков милливольт до пикового напряжения 12 В. В ходе исследования работы макета модема был произведен расчет отношения сигнал/шум созданного на базе ПЛИС сигма-дельта АЦП посредством анализа записанного синусоидального сигнала с частотой 26 кГц при глубине памяти 4 096 отсчетов. Рассчитанное отношение сигнал/шум составило 100,2 дБ, эффективное количество разрядов – 13 бит. Декодирование сигнала производилось с использованием алгоритма перехода через «0» и алгоритма Гёрцеля, которые позволили осуществить безошибочное декодирование сигнала.

Разработанный модем с частотной манипуляцией на базе ПЛИС может быть использован в гидроакустических системах при передаче информации между устройством управления, расположенным на борту судна и устройством позиционирования, расположенным на кабельной секции сейсмической косы.

Также, созданные технические решения позволяют использовать модем на базе ПЛИС в других областях. Использование других частот приема и передачи сообщений, изменение усиления и диапазона входных напряжений может быть осуществлено изменением номиналов нескольких электронных компонентов схемы передачи и приема сигналов. Вследствие того, что основой модема является ПЛИС, разрешение и максимальная частота цифро-аналогово и аналого-цифрового преобразователей могут быть изменены путем модификации алгоритмов цифровой обработки.

В дальнейшей планируется реализовать миниатюрный модем с частотной манипуляцией на базе ПЛИС в составе портативных устройств для связи с электронными пассивными маркерами кабельных линий связи, устройствами контроля глубины в гидроакустических системах для осуществления геологоразведки, а также другими устройствами, в которых используется аналогичный принцип передачи данных.

Литература

1. Способы модуляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pricl-electr.jimdo.com/раздел-2-аналоговые-электронныеустройства/тема-9-модуляция-и-демодудяция-амплитудная-модуляциясигналов/9-33-частотная-и-фазовая-модуляция/, своб.
2. 1200 aud AFSK Modem [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vfx.hu/proj/fskmodem/fskmodem_eng.html, своб.
3. Смит С. Цифровая обработка сигналов. Руководство для инженеров и научных работников. Додека XXI век, 2008. 720 pp
4. Кестер У. Аналого-цифровое преобразование. Техносфера, 2007. 1016 pp.
5. CIC IP Core [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.altera.com/en_US/pdfs/literature/ug/ug_cic.pdf, своб.



Гарин Иван Станиславович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № В4207
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: dangerig@list.ru

УДК 535.317.1

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ УСТАЛОСТИ ВОДИТЕЛЯ

И.С. Гарин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617031 «Исследование и разработка методов и средств решения прикладных задач фотоники».

Развитие автотранспорта привело к тому, что некоторым водителям приходится проводить много времени за рулем по совершенно разным причинам, будь то работа, путешествие или личные дела. Согласно статистике, приблизительно каждая четвертая авария происходит из-за того, что водитель сильно устал и время его реакции увеличилось [1].

Все системы раннего предупреждения усталости водителя, которые существуют на сегодняшний день, можно условно разделить на несколько групп, в зависимости от метода определения переутомления водителя: анализ поведения автомобиля на дороге и действий водителя, слежение за мимикой лица водителя, отслеживание психоэмоционального состояния водителя. Однако практически все из них ориентируются на показания датчиков, которые лишь косвенно могут показать степень усталости, поэтому у таких систем может присутствовать большая ошибка при обнаружении усталости водителя. Наиболее точным методом обнаружения усталости водителя является метод оценки по мимике лица водителя, однако данные системы очень редкие и устанавливаются преимущественно на железнодорожном транспорте и лишь в некоторых транспортных компаниях. Многие системы устанавливаются штатно лишь в некоторые автомобили, а также имеют высокую стоимость.

Целью данной работы является исследование и разработка системы раннего предупреждения усталости водителя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести выбор и обоснование элементов структурной схемы системы;
- провести габаритно-энергетический расчет основных параметров системы;
- провести выбор и расчёт основных параметров электрической схемы блока источников излучения;
- описать алгоритм работы системы;
- описать конструкцию системы;
- провести исследование макета системы;
- провести технико-экономическое обоснование и расчёт экономической эффективности системы.

Выбран метод раннего предупреждения усталости водителя, основанный на слежении за мимикой лица. На основе данного метода разработана структурная схема системы (рис. 1).

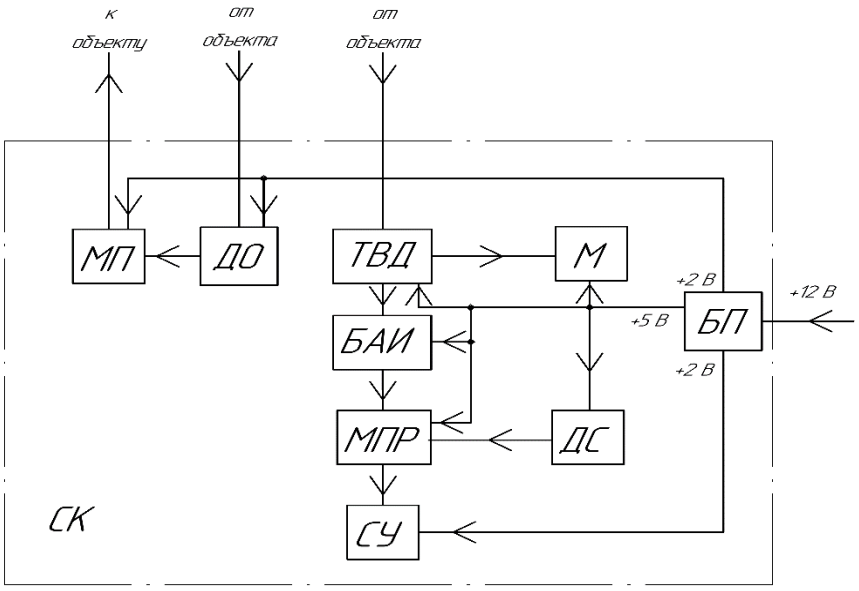


Рис. 1. Структурная схема системы

Система работает следующим образом: телевизионный датчик (ТВД) формирует изображение лица водителя, после чего блок анализа изображения (БАИ) оценивает степень усталости водителя по определенному алгоритму. Далее информация о состоянии водителя попадает в модуль принятия решения (МПР), где на основе полученных данных выводится (или не выводится, в зависимости от результатов анализа изображения) предупреждение для водителя с помощью сигнализирующего устройства (СУ) посредством звукового сигнала. Оповещение водителя о необходимости остановки система выводит только в том случае, когда автомобиль находится в движении, поэтому данные о его перемещении поступают от датчика скорости (ДС). Для настройки положения области обработки изображения в системе присутствует монитор (М), благодаря которому можно оптимально расположить систему для лучшего захвата лица водителя. Для распознавания лица в темное время суток в системе устанавливается датчик освещенности (ДО). При снижении освещенности ниже порогового значения датчик активирует модуль подсветки (МП), работающий в ближнем инфракрасном диапазоне излучения.

В качестве фотоприёмника выбрана ПЗС-матрица Sony ICX409AL, а в качестве объектива Daiwon «DW9305» со следующими параметрами: $f'_{об} = 4.3$ мм; $2\omega = 59°$; $\frac{D}{f'} = 1:1{,}8$.

Для ночного режима работы системы рассчитана необходимая облученность, которую могут создать восемь полупроводниковых излучающих диодов OSRAM SFH 4346 со следующими параметрами: $P_{изл}$=40мВт; $2a_р$=40°; d=3мм.

В ходе расчета надежности электрических элементов системы было найдено среднее время безотказной работы, равное 20000 часов, что равно 833 дням или немногим более двух лет непрерывной работы, или более 6,5 лет работы при двенадцатичасовом рабочем дне [2].

Были рассмотрены алгоритмы работ существующих систем [3], после чего был разработан собственный алгоритм определения степени усталости водителя, который представлен на (рис. 2.).

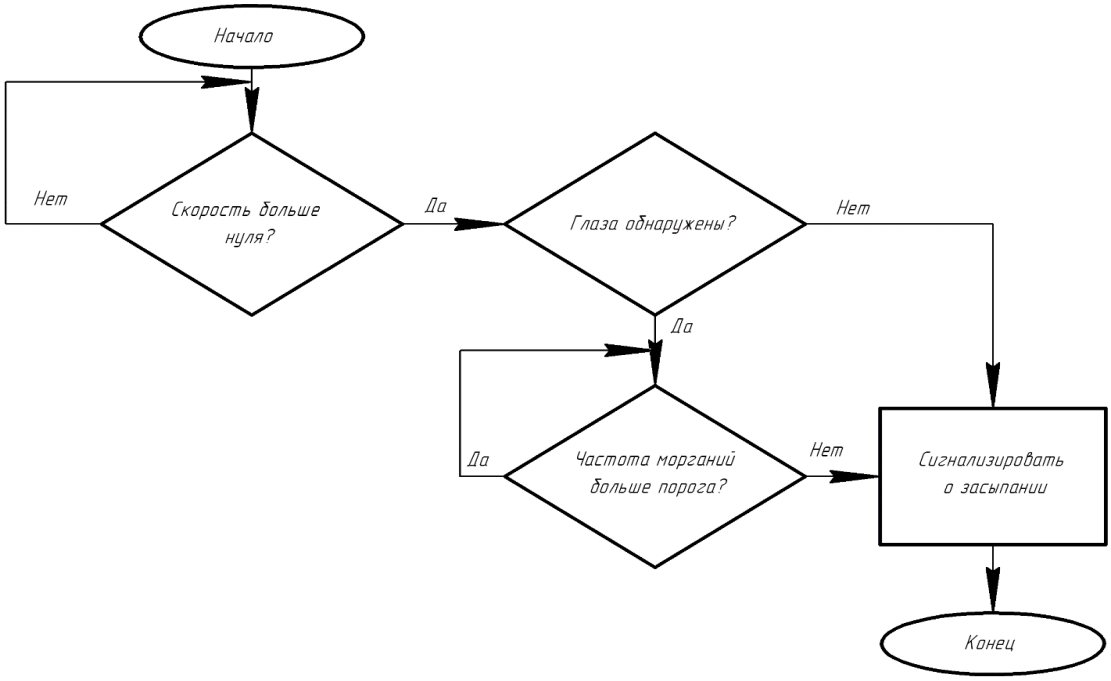


Рис. 2. Алгоритм работы разрабатываемой системы

В ней учитываются различные сценарии, которые возможны. Так, например, она работает при любой скорости, отличной от нулевой, благодаря чему исключается возможность ложного срабатывания системы при отсутствии движения, например, когда водитель решил отдохнуть в автомобиле. С другой стороны, система начинает свою работу при любой скорости, отличной от нуля, поэтому предупреждение появится при любом движении автомобиля. Данная особенность значительно расширяет возможности системы для предотвращения несчастных случаев при движении в местах с любым ограничением скорости, в том числе и во дворах.

Разработанный алгоритм работы системы не оценивает определённые показатели поведения автомобиля или действия водителя. Суть работы заключается в наблюдении в режиме реального времени за конкретным водителем, а именно оценивать наличие или отсутствие открытых глаз на видеоряде при определённых скоростях. Это возможно из-за того, что данный алгоритм позволяет одновременно анализировать данные, поступающие с камеры и с датчика скорости во избежание ложного срабатывания.

Для работы системы было написано программное обеспечение, в основе работы которого был использован алгоритм Виолы-Джонса с использованием признаков Хаара [4].

Главной задачей алгоритма является поиск открытых глаз на видеоряде, причём не только определение области нахождения глаз, а именно определение того, открыты они в данный момент или нет.

Для определения вероятности обнаружения открытых глаз была проведена серия опытов. Было инсценировано по 100 появлений перед камерой в различных ситуациях: открыты оба глаза, один глаз открыт, оба глаза закрыты, в очках. Были подсчитаны попытки, когда количество открытых глаз было определено верно и когда случались ошибки в определении.

Проведенные исследования показали, что вероятность обнаружения глаз на видеоряде различна для разных ситуаций. Так, например, при проведении опыта с двумя открытыми глазами система иногда ошибочно определяла только один открытый глаз, поэтому вероятность обнаружения составляет 98%. Для аналогичного опыта с одним

открытым глазом вероятность обнаружения составляет 96%. При отсутствии открытых глаз на анализируемом изображении, вероятность обнаружения равна 99%. Последний результат получается из-за того, что при очередном появлении перед камерой программа ошибочно обозначило место, где, по её мнению, находится открытый глаз. Однако через две секунды в кадре не было обнаружено ни одного открытого глаза.

Если водитель пользуется очками, то точность обнаружения в этом случае составляет 72%. Данная ошибка объясняется условиями, в которых проводились эксперименты.

Для определения возможностей системы на предмет реагирования на изменившиеся обстоятельства, а именно на поворот головы водителя, было проведено исследование, в котором вычислялся максимально возможный угол поворота головы, при котором система определяет наличие глаз. Было проведено по 20 измерений в каждую сторону. Усреднённые результаты данного эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Угол поворота головы

Направление поворота	Угол поворота головы	
	Определение двух открытых глаз	Определение одного открытого глаза
Налево	25°	54°
Направо	27°	52°

В данном эксперименте оценивался угол поворота головы не только в тех ситуациях, когда система переставала видеть оба глаза, но и в тех, когда система продолжала определять хотя бы один глаз. Таким образом получается, что в условиях расположения камеры напротив водителя предельный угол поворота головы при обнаружении двух глаз равен 26°, а при обнаружении хотя бы одного глаза – 53°.

По итогам экономического расчёта было выявлено, что необходимы первоначальные инвестиции в размере 302233 рублей, а рентабельность инвестиций по чистой прибыли составляет 26,4% [5]. Срок окупаемости проекта менее четырёх лет, а себестоимость конечного продукта составляет 1356 рублей.

В данный момент на рынке существует лишь один прибор, который можно назвать прямым аналогом из-за того, что определение усталости у него производится по схожему принципу. Однако его цена колеблется в районе 5500 – 7000 рублей.

Таким образом, экономическая эффективность разработки системы контроля усталости водителя является высокой.

В ходе работы были рассмотрены существующие системы и выбран метод определения усталости для собственной системы. Выбраны компоненты системы, а также рассчитана их надёжность, которая показала, что среднее время безотказной работы равно 20000 часам. Был разработан алгоритм определения усталости водителя, а также проведены испытания его работоспособности в различных ситуациях. Выяснено, что для реализации проекта необходимы первоначальные инвестиции в размере 302233 рублей, окупаемость проекта менее четырёх лет, а себестоимость продукта составляет 1356 рублей. Необходимо проведение дальнейших испытаний в реальных условиях для актуализации полученных данных.

Литература

1. Контроль усталости водителя. [Электронный ресурс]. – URL: https://mitsu-motors.ru/kontrol-ustalosti-voditelya.
2. Коняхин И.А., Зверева Е.Н. Типовые расчеты по определению характеристик надежности оптико-электронных приборов. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 65 с
3. Алгоритм работы систем контроля усталости водителей. [Электронный ресурс]. – URL: https://novainfo.ru/article/13664
4. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц. [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/post/133826/
5. Тихомирова О.Г. Управление проектом: комплексный подход и системный анализ: Монография/ О.Г. Тихомирова – М.: ИНФРА-М, 2013. – 301 с.



Головин Артем Андреевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра систем управления и информатики,
группа № Р4235
Направление подготовки: 15.04.06 – Интеллектуальные технологии в робототехнике
e-mail: asd-1234@yandex.ru

УДК 681.513.52

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ С ПЬЕЗОАКТЮАТОРАМИ

А.А. Головин
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.И. Бойков

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

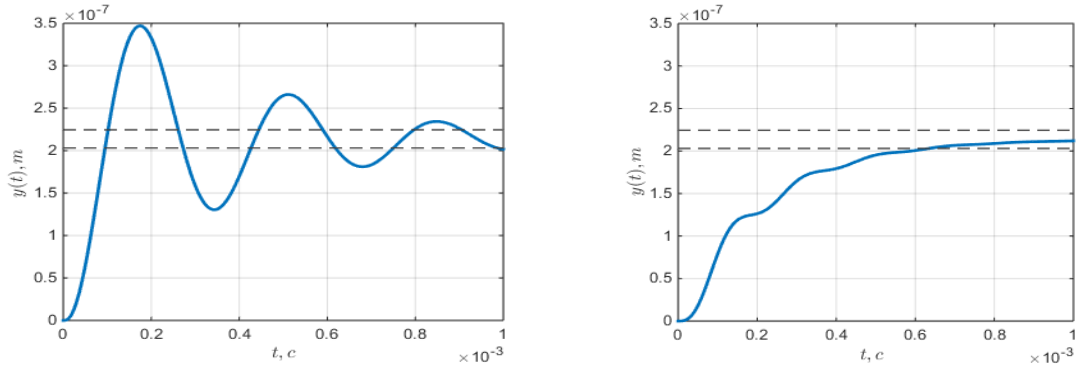
Работа посвящена исследованию способов повышения быстродействия систем с пьезоактюаторами. Рассматриваются технические решения, а также способы управления. Исследуется влияние параметров цепи питания на динамику. Предлагается способ гашения резонансов путем выбора определенных значений сопротивления и индуктивности. Для достижения максимального быстродействия и снижения пиковых токов рекомендуется использовать комбинированный алгоритм квазиоптимального управления в модели с индуктивностью.

Ключевые слова: максимальное быстродействие, пьезоактюатор, согласование параметров, индуктивный компенсатор, оптимальное управление, скользящий режим, квазиоптимальное управление.

Исполнительные устройства, реализованные на принципах пьезоэффекта можно с уверенностью отнести к особому классу быстродействующих объектов. Они отлично подходя для эффективного решения задач точного скоростного позиционирования. Это идеальный инструмент в решении задач медицины, в составе микроскопов, микромоторов для хирургии и генных манипуляторов. Они хорошо зарекомендовали в автомобильной промышленности, оптике, точной механике, микролитографии. Повышение их быстродействия позволит увеличить производительность устройств, качество работы и эффективность применения.

Основная проблема при создании устройств для скоростных микроперемещений возбуждение высокочастотных колебаний, которые сам пьезоактюатор подавить не в состоянии. В данной работе была поставлена задача исследования способов управления пьезоактюатором, исследование влияния параметров цепи питания на динамику работы с учетом ограниченной пиковой мощности усилителя, анализа возможности построения системы оптимальной по быстродействию и применения квазиоптимального управления

Рассмотрена известная модель пары усилитель пьезоактюатор (рис. 1). Динамика их работы зависит от потребляемой мощности и характеризуется таким параметром как внутреннее сопротивление усилителя. Был сделать вывод, что с уменьшение сопротивления в системе возрастает колебательность.



а) б)

Рис. 1. Переходной процесс при разных сопротивлениях: 2 Ом (а); 20 Ом (б)

Если выбран мощный усилитель (рис. 2), то у пьезоактюатора появится резонансный выброс с другой стороны, если усилитель слабый, то достаточное движение не возбуждается, управление простое, переходной процесс плавный [1].

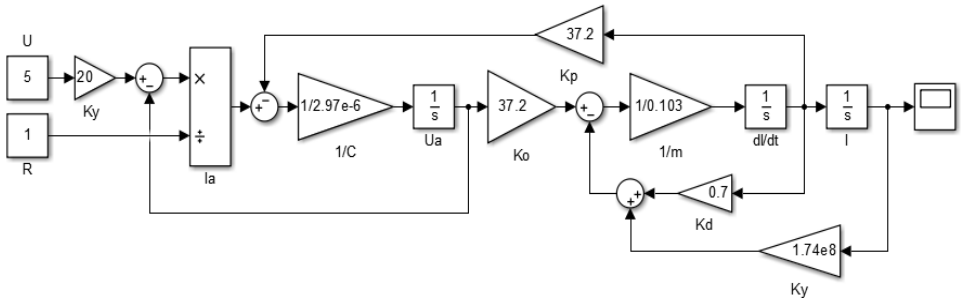


Рис. 2. Схема моделирования пьезоактюатора с усилителем мощности

Обозначено следующее, что существует такое значение параметра усилителя, при котором процесс по характеру будет близок к апериодическому, схождение к установившемуся значению за наименьшее время, перерегулирование менее 5 процентов. Для анализа поведения объекта удобно использовать представление характеристического полинома в форме Вышнеградского [2], безразмерные коэффициенты которого однозначно определяют динамику процесса. Для вычисления можно использовать итеративный метод наименьших квадратов либо встроенные поисковые функции MATLAB.

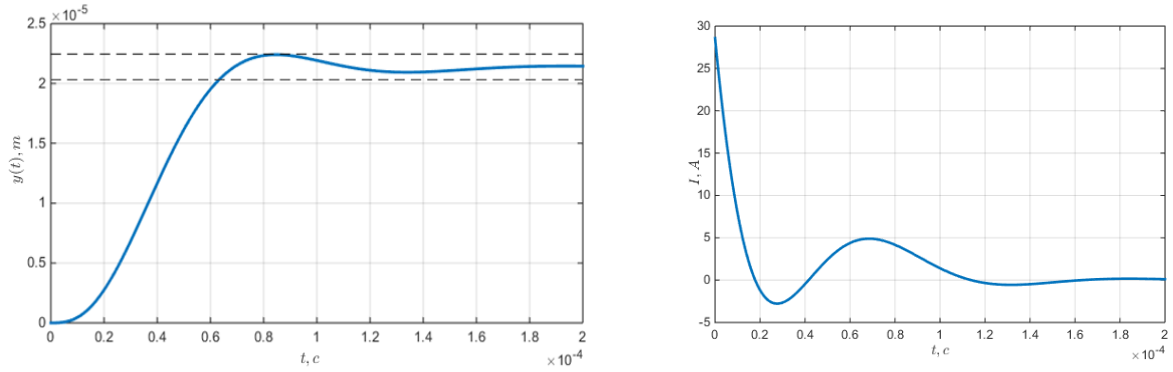
$$\Phi_i = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{b_{11}(R_{i-1})} & \frac{a_{12}}{b_{12}(R_{i-1})} \\ \frac{a_{21}}{b_{21}(R_{i-1})} & \frac{a_{11}}{b_{22}(R_{i-1})} \end{bmatrix}, R_0 = \begin{bmatrix} R_0 \\ 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}, R_i = (\Phi_i^T \Phi_i)^{-1} \Phi_i^T Y \ . \quad (1)$$

где R_0 – начальные условия сопротивления; A,B – параметры Вышнеградского; $a_{11} \dots a_{12}$ – постоянные коэффициенты; $b_{11}(R_{i-1}) \dots b_{22}(R_{i-1})$ – коэффициенты, зависящие от сопротивления, вычисленного на предыдущем шаге. Коэффициенты полиномов, соответствующие техническому оптимуму представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэфициенты полиномов.

Порядок	Коэффициенты уравнения				
3	1	2,05	2,39	1	
4	1	2,6	3,8	2,8	1



а) б)

Рис. 3. Переходной процесс: перемещения (а); тока пьезоактюатора (б) согласованного объекта 3 порядка

Исследование энергетических показателей привело к выводу, что большая колебательность связана с большими значениями тока и соответственно мощности в начале переходного процесса. Известный прием – включение в цепь индуктивности. Реактивный элемент снижает ток.

Для схемы с индуктивностью получена модель 4 порядка, где используются два параметра, и также по предложенным методам можно получить значения для обеспечения максимального быстродействия. В такой схеме в несколько раз снижаются пиковые значения тока, улучшается качество переходного процесса.

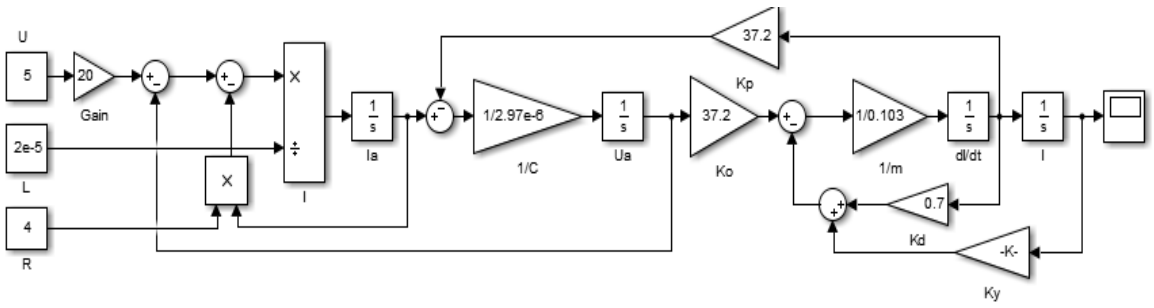
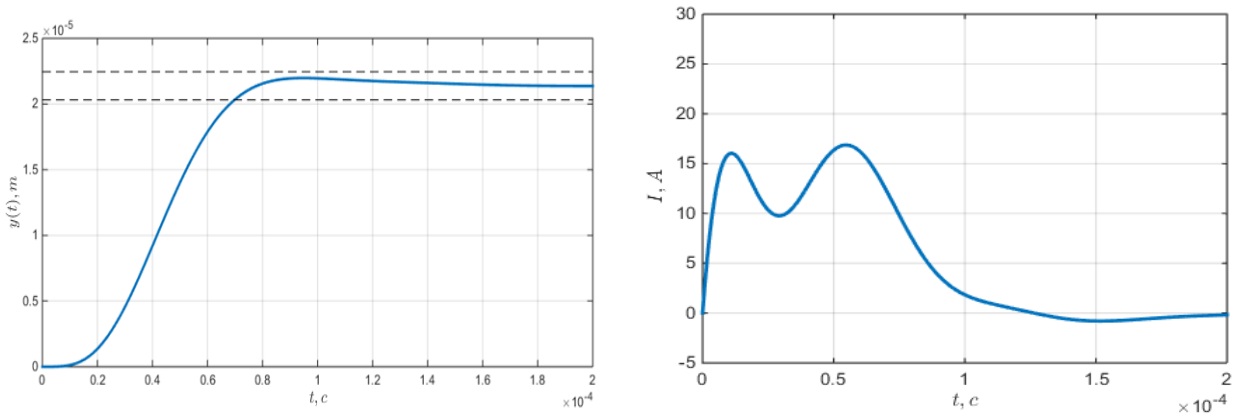


Рис. 4. Схема моделирования пьезоактюатора с усилителем мощности и индуктивным компенсатором в цепи питания

На (рис. 4 – 9) приведены графики систем с индуктивным компенсатором и без него настроенные на максимальное быстродействие.

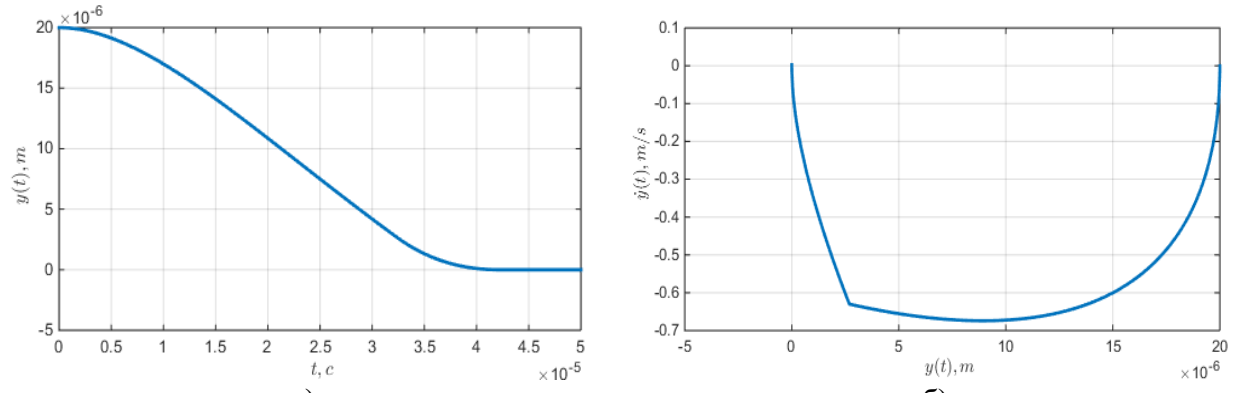


а) б)

Рис. 5. Переходной процесс: перемещения (а); тока пьезоактюатора (б) согласованного объекта 4 порядка с индуктивностью

На следующем шаге был синтезирован дискретный регулятор, настроенный на максимальное быстродействие. Управления принимают большие значения, что говорит о невозможности применения к рассматриваемому объекту генерируемых сигналов.

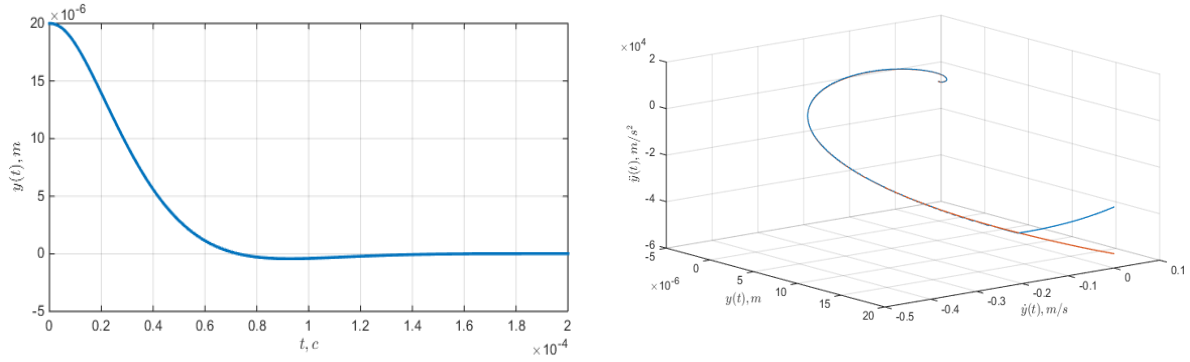
В реальной системе обязательно учитываются энергетические показатели, в таком случае прибегают к формированию управления оптимального по некоторому критерию. Максимальное быстродействие достигается при движении изображающей точки по траектории, проходящей через центр фазовой плоскости отклонений [3, 4]. С помощью встроенных функций MATLAB была получена аппроксимация модели пьезоактюатора объектом второго порядка и найдена функцию переключения реле.



а) б)

Рис. 6. Переходной процесс перемещения (а); фазовая траектория (б) для аппроксимации объекта

Однако при применении данного управления к модели третьего порядка было отмечено, что такой подход хорошо работает при больших отклонениях, при малых сказывается аппроксимация объекта. Так как чаще всего синтезированные оптимальные регуляторы для объектов высоких порядков реализовать сложно было рассмотрено использование квазиоптимального управления [5].

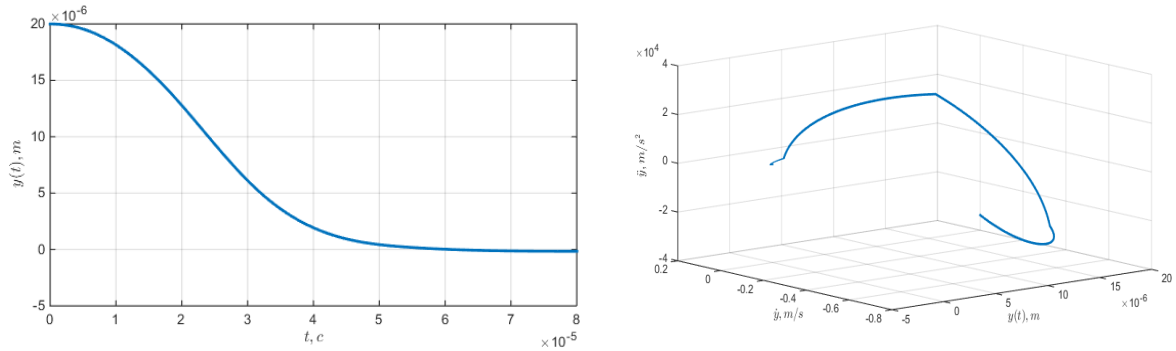


а) б)

Рис. 7. Переходной процесс перемещения (а); фазовая траектория (б)

В таком случае для объекта третьего порядка функция переключения представляет собой плоскостью в фазовом пространстве.

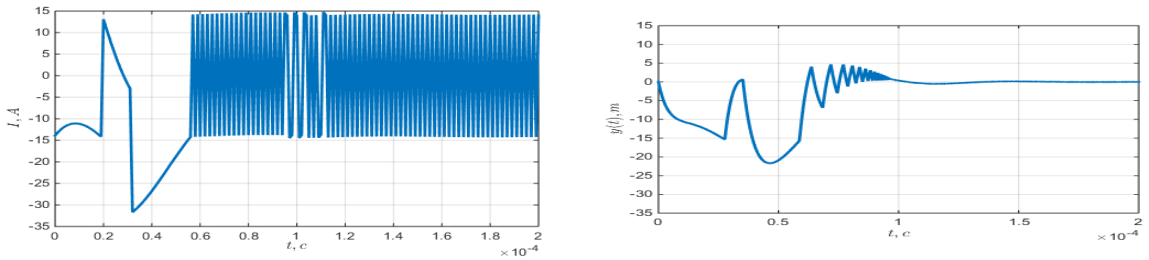
В ходе исследования была предложена идея использования модифицированного управления для пьезоактюатора, который сочетает в себе на начальном этапе – движение по фазовой траектории соответствующей аппроксимации объектом второго порядка и перехода на скользящий режим при приближении к желаемому значению.



а) б)

Рис. 8. Переходной процесс перемещения (а); фазовая траектория (б)

Данный алгоритм также можно применить к модели пьезоактюатора с индуктивностью. В таком случае в момент схождения ошибки в ноль и возникновения дребезжания изображающей точки ток в цепи не будет иметь больших амплитудных колебаний.



а) б)

Рис. 9. Переходной процесс тока пьезоактюатора для модели: без индуктивного компенсатора (а); с индуктивным компенсатором (б)

В ходе работы был проведен анализ технических решений по повышению быстродействия пьезоактюаторов, а также способов управления. Исследовано влияние параметров цепи питания на динамику. Предложен способ гашения резонансных выбросов путем выбора определенных значений сопротивления и индуктивности при которых достигается минимум переходного процесса. Сделан вывод что генерируемые дискретным регулятором управления не представляется возможным применять к пьезоактюатору. Предложено использовать оптимальный регулятор для аппроксимации объекта звеном второго порядка. Такой подход дает хорошие результаты при больших отклонениях, а при малых сказывается неучтенная динамика. Поэтому для области малых целесообразно использовать скользящий режим.

Комбинированный алгоритм позволяет получить в замкнутой системе быстродействие соизмеримое с быстродействием в разомкнутой системе. Применение схемы с индуктивностью сводит к нулю пиковые скачки тока в установившемся режиме.

Литература

1. Головин А.А. Согласование характеристик силового усилителя и пьезоактюатора для мехатронного модуля // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО – 2018. – С. В печати.
2. Красовский А.А. Основы автоматики и технической кибернетики / А.А. Красовский, Г.С. Поспелов. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 601 с.
3. Павлов А.А. Синтез релейных систем оптимальных по быстродействию (метод фазового пространства). – М.: Наука, 1966. – 392 с.
4. Олейников В.А. Основы оптимального и экстремального управления / В.А. Олейников, Н.С. Зотов, А.М. Пришвин. – М:, Высшая школа, 1969. – 296 с.
5. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применения в системах с переменной структурой. – М: Наука, 1974. – 272 с.



Голубев Кирилл Владимирович
Год рождения: 1993
Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра высокопроизводительных вычислений,
группа № М4215с
Направление подготовки: № 01.04.02 – Суперкомпьютерные технологии в исследовании процессов большого города
e-mail: golubev1251@gmail.com

УДК 004

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА НА БАЗЕ ИГРОВОГО ДВИЖКА UNREAL ENGINE 4

К.В. Голубев
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Загарских

Транспортная система является важным элементом современного города, который определяет потенциал для дальнейших улучшений и расширений, влияет на комфорт и жизненный ритм граждан. Должный анализ транспортной сети, ее загрузки и пропускной способности, мобильности граждан, доступности городских районов и инфраструктуры играет важную роль в решении задач городского планирования или градостроительства. Визуализации транспортных моделей и симуляторы дорожного движения могут играть важную роль в обучении как людей, так и искусственного интеллекта, создании развлекательных и медиа продуктов, или видеоигр. Разработка интерактивной среды моделирования и визуализации, позволяющей пользователю вмешаться в работу системы, изменив дорожные условия или создав необычную ситуацию на дороге, могла бы открыть новые горизонты в транспортном моделировании. Разработке такой среды и посвящена данная работа.

Множество примеров позволяют понять, что спектр применения транспортных моделей в наши дни не ограничивается исключительно научными исследованиями. Транспортные модели находят применение в обучающих симуляторах и компьютерных играх, в приложениях для разработки инфраструктуры и системах поддержки принятия решений в городском планировании. Если говорить о конкретных транспортных моделях, то, согласно классификациям разных авторов [1 – 3], их можно поделить на три основных типа: макроскопические модели, которые описывают движение транспорта подобно движению жидкостей или газов; микроскопические, где каждое транспортное средство представлено в виде набора индивидуальных параметров и взаимодействует с окружающим трафиком; и мезоскопические, объединяющие эти подходы. Для задачи моделирования и визуализации реалистичного поведения транспортных средств, мы в основном заинтересованы в области микроскопических моделей, особенно моделей следования за лидером, описывающих отдельные параметры транспортного средства, такие как скорость и ускорение, в форме уравнений, основанных на свойствах одного или нескольких предшествующих автомобилей, а также моделях перестроения.

Можно выделить некоторые общие недостатки, которые разделяют большинство таких моделей. Во-первых, при определении скорости агента они не учитывают его траекторию и потери скорости при маневрировании. Во-вторых, при расчёте движения, агент рассматривает только транспортное средство перед ним, исключая только особые случаи смены полосы, описанные в отдельных моделях. В-третьих, взаимодействия между транспортными средствами моделируются только на уровне моделей преследования лидера, не рассматривая возможные физические столкновения.

Чтобы разрешить эти недостатки, был представлен новый подход, сочетающий несколько типов моделей в описании поведения одного агента. В этом подходе скорость транспортного средства рассчитывается на основе не только моделей, описывающих следование за лидером, но также и на подходах следования траектории с использованием опорных точек траектории вместо фиксированного пути, применяемых автопилотируемыми автомобилями [4, 5],

В качестве инструмента разработки программной среды был выбран игровой движок Unreal Engine 4. Главное преимущество движка, использованное при разработке среды – система столкновений, позволяющая не только определять столкновение между двумя объектами, но и быстро проводить несложные проверки на столкновения, такие, как трассировка сферой или другой фигурой. Такие проверки позволяют оперировать не только параметрами транспортного средства, такими, как текущая полоса, но и определить фактическую «зону видимости» агента, позволяющую реагировать на пешеходов и другие препятствия, не контролируемые непосредственно средой моделирования.

Среда состояла из двух компонентов: компонент дорожной сети, представляющий из себя конструктор, позволяющий собирать дорожную сеть, и компонент транспортного агента, реализующий логику движения.

Дорожная сеть основана на двух базовых компонентах. Компонент участка дороги представляет из себя линейный участок из нескольких полос, а компонент перекрёстка позволяет соединить несколько дорожных участков, позволяя агентам выбирать маршрут. При необходимости, на основе этих двух компонентов могут быть созданы новые, позволяющие реализовывать, к примеру, задержку транспортных средств или полосы ускорения/торможение на шоссе. Внешний вид основных элементов дорожной сети представлен на (рис. 1).

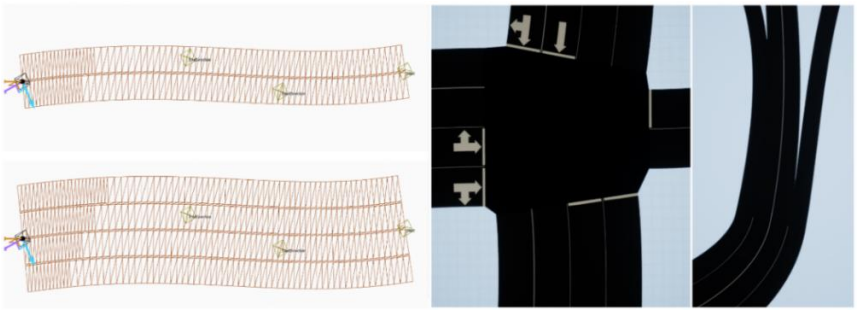


Рис. 1. Внешний вид компонентов дорожной сети. Справа-налево: полигональная сетка компонента дороги с разным числом полос, перекрёсток, развилка из нескольких участков дороги

Транспортный агент реализован на основе шаблона проектирования «стратегия», позволяющего пользователю заменять транспортные модели, отвечающие за различные аспекты движения, такие, как:

- Определение безопасной скорости движения за лидером на основе его положения и скорости;
- Определение минимальной безопасной скорости движения в потоке на основе положения и скорости транспортного средства, движущегося позади;
- Принятие решения о перестроении в другую полосу;
- Определение линейной и угловой скорости, необходимых, чтобы вписать своё движение в траекторию;
- Выбор следующего элемента дорожной сети для продолжения движения.

Для реализации транспортного агента была разработана логика последовательного применения моделей. Так, агент определяет и регулярно обновляет три точки, лежащие на его траектории движения, при этом первая точка используется чтобы задать его положение в дорожной сети, а вторая и третья – для определения возможной линейной и угловой скорости. Положение объекта определяется: текущим участком дорожной сети, полосой, относительной позицией на участке, направлением движения и полосой начала маневра.

На каждом шаге работы системы моделирования для агента производится вызов функции Tick(), обновляющей его положение и скорости (линейную и угловую). Функция обновляет точки траектории, если требуется, после чего рассчитывает максимальную скорость следования за лидером, принимает решение о перестроении и на основе новой информации определяет скорость в своей полосе, а так же угловое ускорение и скорость, максимально допустимую для совершения маневра.

В ходе работы был проведён эксперимент, призванный оценить производительность разработанной программной среды. Этот эксперимент рассматривает движение агентов с логикой, реализующей все основные компоненты стратегии при помощи несложных моделей, по большому многополосному кольцу протяжённостью около трёх километров с двухсторонним движением. Путём изменения количества полос и агентов, изменяется загруженность дороги и общая нагрузка на среду моделирования. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица

Производительность разрабатываемой среды кадров в секунду

# полос / # агентов	4	6	8	16
500	163	165	163	170
1000	65	65	66	69
2000	N/A	15	15	16
3000	N/A	N/A	N/A	8

Эксперимент проводился на системе со следующими характеристиками:

- Процессор: Intel Core i7-7740X CPU 4.30 GHz.
- Оперативная память: 16.0 GB.
- Видеокарта: NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti.

Говоря о практическом применении представленной системы, можно отметить два проекта. Визуализация концепции реконструкции Конюшенного Ведомства в Санкт-Петербурге была выполнена в научной группе по заказу компании «СТАРТ Девелопмент» и демонстрировала изменения в пешеходных и транспортных потоках после реконструкции Малой Конюшенной улицы и набережной Канала Грибоедова. Разработанный в рамках проекта программный компонент достаточно сильно отличался от среды моделирования, описанной в этой работе, хотя и заложил основы для некоторых её элементов. Однако, уже во время разработки этого проекта появилась концепция «области видимости» транспортного средства, позволяющая взаимодействовать с внешними объектами, не являющимися частью транспортной модели, а также сформулированы задачи по дальнейшему развитию транспортной системы.

Первым проектом, в котором была использована уже представленная программная среда, стал проект разработки математической модели и визуализации результатов моделирования пешеходной мобильности на территории вокзала «Олимпийский Парк» в г. Адлер. Этот проект позволил испытать на практике возможности тонкой настройки стратегии транспортного агента. Для высадки пассажира, таксист должен съехать с дороги на обочину, остановиться, высаживая пассажира, то есть вызывая событие в пешеходной модели, после чего вернуться на дорогу и продолжить движение. При этом важно, чтобы останавливающиеся у дороги таксисты не мешали движению друг друга и прочего транспорта. Это достигается путём изменения стратегий перестроения и торможения для подстройки движения под траекторию. Примеры визуализаций транспорта в описанных проектах представлены на (рис. 2).

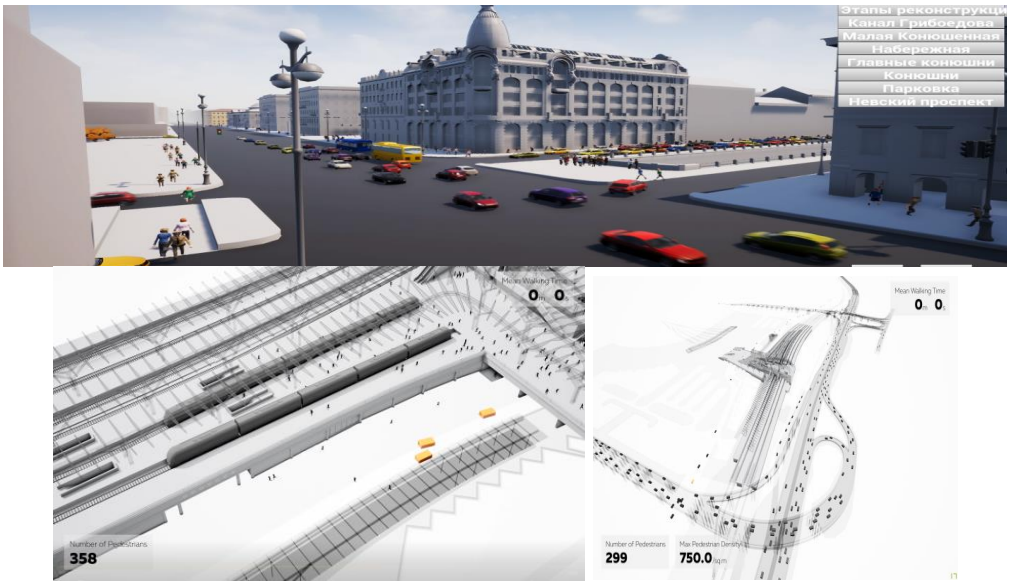
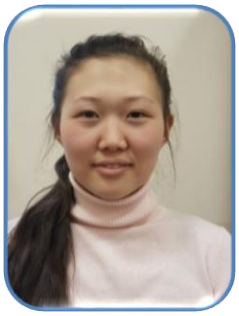


Рис. 2. Визуализация Дорожного трафика в проектах реконструкции Конюшенного Ведомства (верх) и вокзала «Олимпийский Парк» (низ)

Представленная в этой статье система позволяет моделировать реалистичное поведение и динамику автомобиля, используя комбинацию моделей трафика разных типов. Система была разработана на основе популярного игрового движка Unreal Engine 4, который позволяет использовать её для создания реалистичных визуализаций или интерактивных приложений для визуального анализа и визуального управления, демонстрации и развлечений.

Литература

1. Treiber M., Kesting A. Traffic flow dynamics: Data, models and simulation // Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation. 2013.
2. van Wageningen-Kessels F. et al. Genealogy of traffic flow models // EURO J. Transp. Logist. 2015.
3. Helbing D. Traffic and related self-driven many-particle systems // Rev. Mod. Phys. 2001.
4. Paden B. et al. A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles // IEEE Trans. Intell. Veh. 2016. Vol. 1, № 1. P. 33–55.
5. González D. et al. A Review of Motion Planning Techniques for Automated Vehicles // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2016. Vol. 17, № 4. P. 1135–1145.



Доржиева Надежда Владимировна
Год рождения: 1995
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
E-mail: dorjieva.nadezh@yandex.ru

УДК 663

РАЗРАБОТКА СБРОЖЕННОГО ЗЕРНОВОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Н.В. Доржиева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

С древних времен известны такие напитки, как квас, боза, сыра, гумул, чагъыр, бал суу, пуре. Целью создания, которых было утоление жажды, голода, некоторые напитки изготавливались специально в лечебных целях.

Однако, на сегодня перечисленные напитки зачастую не встречаются на прилавках, большинство из них отождествляются с домашней кухней и не производятся в промышленных масштабах, за исключением кваса [1].

Поэтому целью работы являлось разработать сброженный зерновой напиток на основе молочной сыворотки, который позволит увеличить ассортимент безалкогольных сброженных зерновых напитков. На основании поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- выполнить аналитический обзор литературы;
- выбрать вид, определить дозу вносимого зернового компонента и режимы обработки;
- подобрать заквасочные культуры и технологические приемы процесса сбраживания напитка;
- подобрать параметры сквашивания;
- разработать технологию сброженного напитка с зерновым компонентом;
- определить физико-химические показатели полученного сывороточного напитка;
- рассчитать биологическую, энергетическую и пищевую ценность готового напитка;
- разработать проекты технических условий и технологической инструкции на разработанный напиток.

Исследования осуществлялись на базе лаборатории кафедры прикладной биотехнологии, факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО. Схема проведения исследований приведена в табл.1, 2. в соответствии с установленными целью и задачами. В качестве объектов исследований были выбраны:

1. молочная сыворотка подсырная несоленая;
2. зерна пшеницы и ячменя;
3. смесь в технологическом процессе;
4. готовый напиток.

Таблица 1

Схема проведения исследования 1

Этап исследования	Изучаемый фактор	Контролируемый параметр
Подбор литературы		
Выбор молочного сырья	Молочная сыворотка	Титруемая кислотность Вкус
Выбор зернового компонента	Вид и свойства злаковых культур	Органолептические показатели
Подготовка наполнителя из злаков	Свойства отобранных культур	Органолептические показатели Массовая доля сухих веществ
Выбор закваски	Вид микрофлоры заквасочной культуры	Титруемая кислотность Микроскопия Органолептические показатели

Таблица 2

Схема проведения исследования 2

Разработка рецептуры	Подбор количества компонентов	Органолептические показатели
Отработка технологии	Технологические параметры	Температура Режимы Последовательность внесения компонентов
Определение физико-химических показателей напитка	Физико-химические показатели	Массовая доля сухих веществ Микроскопия Титруемая кислотность Органолептические показатели
Расчет биологической ценности, пищевой, энергетической готового напитка	Аминокислотный состав Количество белков, жиров и углеводов Количество энергии на 100 $см^3$ продукта	Значение биологической, пищевой и энергетической ценностей

На первом этапе исследования определяли переход водорастворимых веществ в водную среду в зависимости от степени измельчения зерен. В подготовку зернового компонента входила мойка, сушка, измельчение зерен до степени дисперсности 1,00-0,71 мм (крупа) и менее 0,70 (мука). В результате наибольший переход сухих веществ наблюдался у образцов с пшеничной (0,604%) и ячменной мукой (0,832%).

Вторым этапом исследования было определение дозы внесения зернового компонента в молочную сыворотку. Предварительно восстанавливали сухую молочную сыворотку дистиллированной водой при температуре 20±2°С в соотношении 6:94 и выдерживали 30 минут. После чего восстановленную сыворотку пастеризовали при

температуре 72±2°С в течение 30 сек и охлаждали до 20±2°С. Наилучшими органолептическим показателями обладала доза внесения 10 г на 100 см^3 сыворотки.

Однако внесение сырого зернового компонента снижало органолептический показатель относительно вкуса. Поэтому следующим этапом исследования была отработка режимов термической обработки. Зерновой компонент обжаривался в сушильном шкафу при температуре 200±15°С в течение 2-3 минут, толщиной слоя 0,5 см.

Напитки представленной категории используют незаконченное спиртовое и молочнокислое брожение. Спиртовое брожение осуществлялось благодаря внесению хлебопекарных дрожжей непосредственно в зерновой компонент, температура сбраживания составляла 20±2°С. В результате, основываясь на органолептических показателях, окончанием процесса сбраживания остановили на 2 часах.

Исследовалось изменение титруемой кислотности смеси с дрожжами при внесении пробиотических микроорганизмов через определённые промежутки времени (одновременно, через полчаса, через час) (табл. 3). Все образцы содержали восстановленную молочную сыворотку, зерновой компонент, дрожжи и молочнокислых микроорганизмов. Образцы различались по злаковой культуре и степени дисперсности: образец 1 – с пшеничной крупой; образец 2 – с пшеничной мукой; образец 3 – с ячневой крупой; образец 4 – с ячменной мукой (табл. 3).

Таблица 3

Изменение титруемой кислотности при одновременном внесении дрожжей и молочнокислых микроорганизмов с течением времени

Образец	Температура сквашивания, °С							
	20±2				38±2			4±2
	Продолжительность сбраживания, ч							
	0	0,5	1	2	3	4	5	24
	Титруемая кислотность, °Т							
1	9	15	16	20	23	29	35	38
2	9	16	18,5	22	27	33	37	42
3	10	11	13,5	17	22	25	29	30
4	10	12	15	18	23	26	31	33

По окончанию процесса сквашивания все образцы, внесенные в разные промежутки времени имели конечную кислотность 35±2°С.

Исследовали изменение титруемой кислотности смеси с пробиотическими микроорганизмами при внесении дрожжей через определенные промежутки времени (одновременно, через полчаса, через час) (табл. 4).

Таблица 4

Нарастание титруемой кислотности при одновременном внесении молочнокислых микроорганизмов и дрожжей

Образец	Температура сквашивания, °С							
	38±2					20±2		4±2
	Продолжительность сбраживания, ч							
	0	0,5	1	2	3	4	5	24
	Титруемая кислотность, °Т							
1	9	10,5	13	16	20	26	33	37
2	9	12	14	17	23	27	37	42
3	11	16	18	20	21	25,5	32	40
4	9	17	18	20	24,5	30	35	41

Конечная титруемая кислотность всех образцов составляла 40±2°С. В результате было решено одновременно вносить дрожжи и молочнокислые микроорганизмы.

Следующим этапом исследования была отработка параметров сквашивания напитка. Первый способ представлял сбраживание образцов при температуре (20±2)°С первые два часа с последующим повышением температуры до (38±2)°С и выдержкой три часа. Второй способ включал сквашивание при температуре (38±2)°С продолжительностью 3 часа и понижением температуры до (20±2)°С с выдержкой 2 часа.

Была проведена органолептическая оценка готовых образцов, где образцы, сквашиваемые первым способом, обладали сильно кислым вкусом и резким запахом процесса брожения. Образцы, сквашиваемые вторым способом обладал лучшими органолептическими свойствами, поэтому для дальнейших исследований был взят режим культивирования с выдержкой первые 3 часа при температуре (38±2)°С и с последующим понижением температуры до (20±2)°С продолжительностью 2 часа.

Затем образцы помещались на созревание при температуре (4±2)°С на 24 часа. После чего была проведена повторная органолептическая оценка, которая показала, что образцы с ячменем обладают слабовыраженным вкусом и сильно выраженным запахом процесса брожения. Дальнейшие исследования проводились с образцами из пшеницы.

Неоднородность готового напитка снижало органолептические показатели готового напитка, поэтому следующим этапом исследования было отработать способы фильтрации, где определяли массовую долю сухих веществ в готовом напитке после фильтрации. Первый образец имел неоднородную консистенцию, третий был полностью прозрачным, что свидетельствовало об освобождении напитка от пищевых волокон. Второй образец был однородным с незначительным осадком, поэтому выбор был остановлен фильтрах размером пор 8 – 12 мкм.

На основании проведенных исследований была разработана рецептура сброженного зернового напитка (табл. 5).

Таблица 5

Рецептура сброженного зернового напитка

Сырье	Расход сырья, кг на 100 кг продукта (без учета потерь)
Молочная сыворотка	89,89
Зерновой компонент	10
Дрожжи хлебопекарные сухие «САФ-МОМЕНТ» ТУ 9182-036-48975583-2010	0,11
Закваска «ЭВИТАЛИЯ»*	
Итого	100

*закваска прямого внесения.

Были определены физико-химические показатели готового напитка, проведено микроскопирование препаратов готового напитка (табл .6).

Таблица 6

Физико-химические показатели готового напитка

Показатели	Готовый напиток с пшеничной мукой	Готовый напиток с пшеничной крупой
Титруемая кислотность, °Т	43,00	41,00
Массовая доля сухих веществ, %	8,76	7,34
Объемная доля спирта, %, не более	0,49	0,50

Микроскопическая картина показала присутствие дрожжей, одиночных и небольших цепей кокков и палочек.

Был проведен расчет биологической ценности готового напитка, который показал отсутствие лимитирующих аминокислот. Расчет пищевой ценности относительно белков, жиров и углеводов составил 12,0:3,3,:14,0 соответственно. Энергетическая ценность равна 129,5 ккал (541,8 кДж).

В результате были сформулированы следующие выводы:

1. Использование молочной сыворотки в качестве основы напитков является перспективным способом ее рациональной переработки.
2. Основываясь на физико-химических и органолептических показателях режим термической обработки зернового компонента равен температуре (200±15)°С в течение 2-3 мин при толщине слоя 0,5 см. Доза внесения 10 г на 100 см3 сыворотки.
3. В процессе исследования была подобрана заквасочная микрофлора напитка, подобраны параметры сквашивания напитка при температуре (38±2)°С в течение трех часов, с последующим понижением до температуры (20±2)°С с выдержкой два часа.
4. На основании проведенного исследования был разработан технологический процесс производства сброженного зернового напитка на основе молочной сыворотки.
5. Определены физико-химические показатели готового напитка.
6. Рассчитаны биологическая, пищевая и энергетическая ценности сброженного зернового напитка на основе молочной сыворотки.

7. Разработаны проекты технических условий и технологической инструкции на разработанный продукт.

В результате исследования был разработан сброженный зерновой напиток на основе молочной сыворотки.

Литература

1. Забодалова, Л. А. Исследование влияния содержания поваренной соли на кислотонакопление при сбраживании подсырной сыворотки / Л.А. Забодалова, А.В. Водолазкин, В,В. Евелева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2012. – №2. – С.18.



Илатовский Даниил Андреевич
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра химии и молекулярной биологии,
группа № Т-4240
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: ilatovskii@scamt-itmo.ru

УДК 54.

СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ

Д.А. Илатовский
Научный руководитель – к.х.н., доцент В.В. Виноградов

Работа выполнена в рамках проекта № 4.8955.2017/8.9.

В настоящее время материалы со структурированной поверхностью микронного порядка, или суперструктурой, получили широкое применение в промышленности и науке. Более того, потребность в таких объектах с каждым годом возрастает. Поэтому, получение новых материалов с поверхностной микроструктурой разной природы с разными свойствами относительно простым и быстрым способом с отсутствующими высокими затратами времени и энергии является актуальной темой исследований в современном материаловедении. В данной работе субстратами для нанесения структуры являлись ксерогели диоксида кремния и диоксид титана, которые обладают рядом уникальных свойств. Получение ксерогелей со структурированной поверхностью может открыть новые свойства этих объектов и расширить их области применения, что также повышает актуальность данной темы исследования. Так как в работе были необходимы материалы с высоким показателем преломления, поэтому в качестве субстрата был выбран TiO_2, а также SiO_2, который хоть и не отличается высокой рефрактивностью, но способен создавать стабильные и относительно прочные монолиты макроразмеров за счет связи Si-O с низкой полярностью. Более того, материалы были допированы многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ), увеличивающими эффективный показатель преломления систем. В данном исследовании впервые была применена методика структурирования поверхностей неорганических систем мягкой литографией – ранее она использовалась лишь для формования органических или гибридных материалов. Также, данный способ требует получение мастер-структуры на основе полидиметилсилоксана (ПДМС), но в работе от этого этапа отказались, заменив ПДМС штамп промышленной полиэтилетерефталатной голографической пленкой. Однако, самую высокую научную ценность работы имеет тот факт, что материалы, которые могут применяться в качестве сенсоров влажности в зависимости от голографического отклика, были разработаны и подробно описаны впервые.

Целями работы являлись: получение ксерогелей SiO_2 и TiO_2 методом комбинирования золь-гель синтеза и мягкой литографии; с последующим применением образцов в качестве обратимых оптических сенсоров влажности воздуха; создание обратимого оптического сенсора влажности воздуха на основе полученных материалов.

Для достижения целей работы, были поставлены следующие задачи: разработка методики синтеза золь-гель систем SiO_2 и TiO_2; создание формы, позволяющей получать объекты заданной геометрии и без трещин во всем объеме, а также обеспечивающей нанесение рельефной структуры микронного порядка на его поверхность; подбор

методики сушки геля в мягких условиях (комнатная температура и атмосферное давление); исследование морфологических и оптических свойств полученных материалов; поиск методов увеличения показателя преломления получаемых систем; разработка анализа созданных материалов в качестве оптического сенсора на влажность, доказательство его обратимости и демонстрация преимуществ по сравнению с предыдущими разработками.

Необходимо отметить, что эксперимент по производству голографических ксерогельных монолитов протекал при атмосферном давлении и температуре окружающей среды. В результате процесса, подробно описанного в опубликованной статье [1], был получен образец со структурированной поверхностью.

Поскольку золь-гель стекла хрупкие, самый важный момент в производстве монолитов без трещин – это испарение максимально возможного количества растворителя до его нанесения на голографическую пленку, потому что высокая концентрация наночастиц в геле ведет к уменьшению усадки будущего монолита и минимизации возможности структурного коллапса. После заливки геля в форму, оставшийся растворитель должен испаряться из системы строго вверх и очень медленно, чтобы усадка происходила в основном в форме вертикальной компрессии, а голографический рельеф на дне монолита ксерогеля сохранился.

На (рис. 1) изображены цифровые фотографии полученных монолитов. Отсюда ясно, что механически поперечному сечению образца можно придать любую желаемую форму, например, треугольника (рис. 1 (а)), квадрата (рис. 1 (в, г)) и прямоугольника (рис. 8(б)) с линейными размерами порядка 1 см.

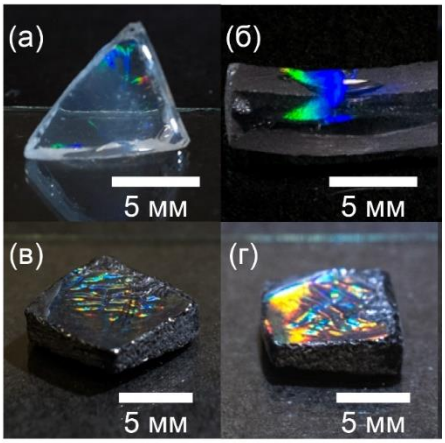


Рис. 1. Цифровые фотографии полученных монолитов:
(а) SiO_2, (б) TiO_2, (в) МУНТ@SiO_2, (г) МУНТ@TiO_2

На основании фотографий был сделан вывод, что низкий эффект дифракции наблюдается на поверхности монолита SiO_2, а на поверхности TiO_2 – значительно ярче. Из-за эстетического внешнего вида материалов предполагается, что их можно применять в ювелирных изделиях, заменяя полудрагоценные камни, а также благодаря специфической структуре поверхности образцы могут играть роль фотокатализаторов, резонаторов и фотоэлектрохимических сенсоров [2]. Следующим логическим шагом был поиск некоторых методов повышения голографического оптического отклика. С этой целью были выбраны МУНТ по следующим причинам: они повышают показатель преломления композитной системы, а также придают поглощающие свойства дифракционной решетке, потому что они ближе к модели абсолютно черного тела, чем любые другие материалы. А в отличие от графита, МУНТ могут поглощать излучение в интервале от 0,2 до 200 мкм [3]. Топография допированных нанотрубками матриц не

приведена в работе, так как они не изменяют морфологию голографических поверхностей. Цветовая дифракция диоксида кремния, допированного МУНТ, значительно выше, чем прозрачного недопированного материала (рис. 1(в)). Та же ситуация наблюдается и в случае с оксидом титана (IV).

Яркий голографический эффект виден на поверхности диоксида титана с нанотрубками, поэтому данную матрицу использовали для качественных тестов влажности атмосферы. Было предположено, что таким образом можно использовать эти образцы, потому что ксерогель TiO_2 обратимо гигроскопичен и ресуспендируется при воздействии водяным паром. Поверхностная волнообразная структура должна расширяться от обработки водяным паром, а голографический отклик должен ослабевать или полностью исчезать. С другой стороны, если обработка паром не является критичной, то оригинальная структура не исчезнет с поверхности необратимо, и вода будет удаляться из материала после вакуумной сушки. Это должно вернуть видимость голографического эффекта до начального уровня.

Для оценки способности материалов играть роль сенсора влажности, был проведен тест с дифракцией лазерного луча. Изображение с экрана установки из пункта [1] представлено на (рис. 2).

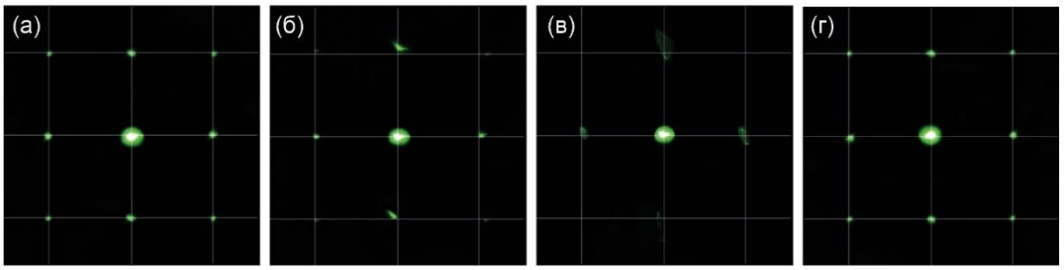


Рис. 2. Картина с экрана установки с лазерной дифракцией через: (а) 0 мин, (б) 30 мин, (в) 60 мин при 90 % относительной влажности; (г) картина после вакуумирования в течение 5 ч

До начала обработки влажной атмосферой, дифракционная картина показывает однородное отклонение дифрагированных лучей от главного направления пучка, что показано на рис. 2(а). Дифракция происходит гомогенно по всем направлениям, так как форма, яркость и размер точек примерно одинаковы по вертикальному и горизонтальному отклонениям от основного луча. Интенсивность диагональных отклонений слабее, но диагональные точки тоже равны между собой. Это доказывает, что голографическая поверхность однородна и отсутствуют значительные дефекты. Рис. 2(б) отображает картину после получасового нахождения монолита во влажной атмосфере. Поскольку ксерогель набухает в этих условиях, точки в горизонтальном и вертикальном направлениях частично размываются и отклоняются, а интенсивность диагональных точек значительно уменьшается.

Ситуация после одного часа обработки представлена на рис. 2(в). Здесь видно, что точки горизонтальных и вертикальных отклонений стали пятнами без четкой формы. Более того, диагональные точки полностью исчезли, что свидетельствует о высоком изменении геометрии голографической поверхности. После этого образец сушат в вакууме в течение 5 ч и снова помещают в установку [1]. Дифракционная картина, изображенная на рис. 2(г) показывает, что система сильно обратима и возвращается в свое начальное состояние.

Процедуру часовой обработки в атмосфере с относительной влажностью 90% с последующей сушкой в течение 5 часов повторили 10 раз, после чего деградация поверхности и необратимое размывание картины лазерной дифракции наступили лишь частично. В любом случае, данные сенсоры, как ожидается, будут использоваться

одноразово, поэтому им не обязательно обладать повышенной обратимостью.

Таким образом, монолитные ксерогели могут разделять падающее лазерное излучение, а эффективность этого процесса зависит от количества воды, поглощаемой образцом из воздуха. Поскольку этот процесс является обратимым, испытания на влажность могут быть проведены около десяти раз.

Материал с зависимостью влажности от голографического отклика в данном исследовании был обнаружен впервые, поэтому предполагается, что это изобретение станет одним из методов быстрого определения влажности, а также разнообразит области применения голографических материалов, например, в оптике, фотовольтаике и молекулярной биологии.

В заключении, можно подвести следующие итоги по результатам научного исследования в рамках магистерской диссертации. В результате проделанной работы был продемонстрирован комбинированный метод золь-гель синтеза и мягкой литографии, с помощью которого можно производить прозрачные и черные (допированные МУНТ) голографические ксерогельные монолиты на основе оксида кремния (IV) и оксида титана (IV). Благодаря задействованному методу удалось полностью устранить энергоемкую стадию прокаливания и синтезировать монолиты при атмосферном давлении и комнатной температуре. Добавление диспергированных многослойных углеродных нанотрубок в количестве 3 массовых процентов улучшает видимость цветовой дифракции невооруженным глазом. Самый яркий голографический эффект наблюдается на поверхности TiO_2 с углеродными нанотрубками из-за наивысшего показателя преломления материала. Показано, что материал на основе TiO_2 способен действовать как качественный датчик влажности из-за яркой голографической видимости его поверхности, гигроскопичности и способности менять свою геометрию в ходе набухания обратимо. В этом исследовании впервые был получен материал со способностью изменять видимость невооруженным глазом радужного голографического отклика его поверхности в зависимости от влажности окружающей среды. Следующим этапом разработки может стать получение образцов принципиально иной природы – аэрогелей – путем замены обычной сушки на сверхкритическую CO_2 экстракцию, чем наша лаборатория занимается на данный момент.

Литература

1. Ilatovskii D. A. et al. Holographic sol–gel monoliths: optical properties and application for humidity sensing // Royal Society open science. – 2018. – Т. 5. – №. 5. – С. 172465.
2. Jin S. et al. Highly selective photocatalytic and sensing properties of 2D-ordered dome films of nano titania and nano Ag 2+ doped titania // Journal of Materials Chemistry. – 2012. – Т. 22. – №. 4. – С. 1469-1476.
3. Mizuno K. et al. A black body absorber from vertically aligned single-walled carbon nanotubes //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. – Т. 106. – №. 15. – С. 6044-6047



Кадыр Гулинур
Год рождения 1994г.
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологий интроскопии,
группа № В4255с.
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: gulinur.kadyr.94@mail.ru

УДК 620.178.151.2

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАБОТКИ ПЕРВИЧНОГО СИГНАЛА МАГНИТНО-ИНДУКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Г. Кадыр
Научный руководитель – д.т.н. А.В. Федоров

На сегодняшний день одним из перспективных методов оперативного и без образцового контроля механических свойств материалов является метод ударного или динамического индентирования, который заключается в непрерывной регистрации процесса контактного взаимодействия индентора с исследуемым материалом [1 – 3].

Однако, несмотря на значительные достижения в области разработки метода и приборов динамического индентирования (ДИ) остается в окончательном виде нерешенным вопрос первичной обработки выходного сигнала от первичного преобразователя прибора, для достоверности и точности оценки значений механических характеристик материалов

Целью работы является разработка метода фильтрации первичного сигнала магнитно-индукционного преобразователя, обеспечивающего повышение точности оценки значений механических характеристик материалов изделии при динамическом индентировнии.

Процесс контактного взаимодействия индентора с исследуемым материалом регистрируется различными устройствами. Наиболее рациональным представляется использование магнитно-индукционного бесконтактного преобразователя, который регистрирует значение электродвижущей силы индукции (ЭДС) [3 – 5].

В приборе ДИ с использованием магнитно-индукционного преобразователя с гравитационным разгоном, при пересечении индентора магнитном полем, создаваемым жестко закрепленным постоянным магнитом, в катушке индуктивности создается ЭДС индукции, которая пропорциональна скорости движения индентора во всем промежутке касания индентора с материалом [6].

В работе [7] показано, что ЭДС $\varepsilon(t)$ прямо пропорционально скорости $V(t)$ индентирования и определяется следующим образам (1):

$$\varepsilon(t) = kV(t) \qquad (1)$$

где κ – коэффициент пропорциональности, В/(м/с).

Первичный ЭДС сигнал при индентировании подвергается различным факторам, которые влияют на точность и достоверность определение первичного сигнала. Для повышения точности оценки механических характеристик материалов необходима точная обработка зашумленного первичного ЭДС сигнала. В первую очередь это касается его фильтрации и оцифровки.

Разработанный алгоритм обработки первичного сигнала магнитно-индукционного преобразователя выглядит следующим образом:

- получение ЭДС сигнала с магнитно-индукционного преобразователя;
- применение методов фильтрации к полученному массиву ЭДС;
- определение моментов времени начала и окончания касания контактного взаимодействия индентора с исследуемым материалом и удаление участков в сигнале, не несущих информацию о процессе индентирования;
- получение временных зависимостей скорости инденетора $V(t)$, контактного усилия $F(t)$ и перемещения индентора $h(t)$;
- получение диаграммы зависимостей контактного усилия от глубины внедрения $F(h)$.

ЭДС сигнал с магнитно-индукционного датчика был зарегистрирован с помощью цифрового осциллографа с частотой дискретизации 5МГц. Полученные результаты показали наличия в исходном сигнале белого гаусовского шума (рис. 1).

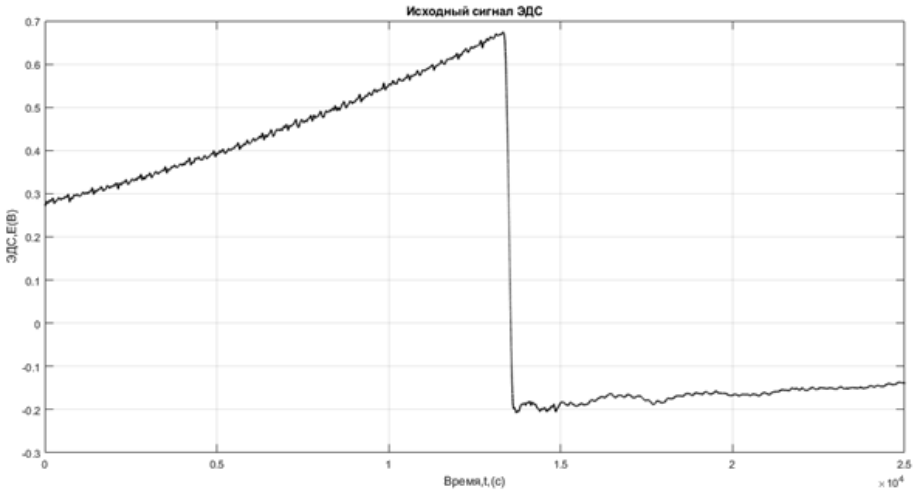


Рис. 1. График зашумленного ЭДС сигнала

На основе анализа для фильтрации зашумлённого ЭДС сигнала были применены цифровые линейные фильтры, а именно оптимальный фильтр нижних частот с конечной импульсной характеристикой (КИХ фильтр НЧ), фильтр нижних частот с бесконесной импульсной характеристикой Баттерворда (БИХ фильтр Баттерворда НЧ) и фильтр Савицкого-Голея [8, 9]. Синтез цифровых фильтров был выполнен в программном пакете MATLAB 2017a с частотой среза 40КГц.

Результат фильтрации ЭДС сигнала БИХ фильтром Баттерворда НЧ показало, что данный фильтр сильно искажает исходный сигнал и плохо удаляет белый гауссовский шум. Фильтр Савицкого-Голея выполняет аппроксимация полиномам пятой степени, и тем самым сглаживает исходный сигнал. При фильтрации исходный сигнал был разделен на 499 участки, по 50 отчетов на каждый участок. Фильтр Савицкого-Голея сильно искажает сигнал в перегибах (моменты касания и отскока индентора).

Наилучшие результаты показал оптимальный КИХ фильтр НЧ. За счет линейный фаза-частотной характеристики КИХ фильтра компенсируется фазовые искажения и временной сдвиг.

Для точного определения моментов касания и окончания взаимодействия индентора с исследуемым материалом проводится аппроксимация линейных участков сигнала и задается значение Δ. После выполняется сравнение массива ЭДС и значение

функции $y = kx + b$ в одинаковых временных точках. Если расхождение превысит значение Δ, то выполняется запись предыдущего значения массива и удалятся первоначальные элементы. Аппроксимация линейных участков проводилось для каждого отфильтрованного ЭДС сигнала, и подбирались минимальные значения Δ, при которых работал алгоритм обрезки. Полученные результаты показаны в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение значение Δ

№	Фильтры	Участок справа налево	Участок слева направо
1	Оптимальный КИХ фильтр НЧ	0,01	-0,02
2	БИХ фильтр Баттерфорда НЧ	0,1	-0,7
3	Фильтр Савицкого-Голея	0,1	-0,1

Обрезка массива показывает, что обработанный оптимальным КИХ фильтром НЧ ЭДС сигнал имеет самые низкие значения Δ. А это в свою очередь показывает, что данный сигнал имеет большую точность и меньше шума по сравнению с ЭДС сигналами, отработанными с другими фильтрами. После удаление участков, не несущих информацию о процессе индентирования, был получен следующий массив обрезанного ЭДС сигнала.

Зависимость $V(t)$ был получен путем поэлементного деления значение ЭДС на коэффициент пропорциональности (рис. 2).

$$V(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\kappa(t)} \tag{2}$$

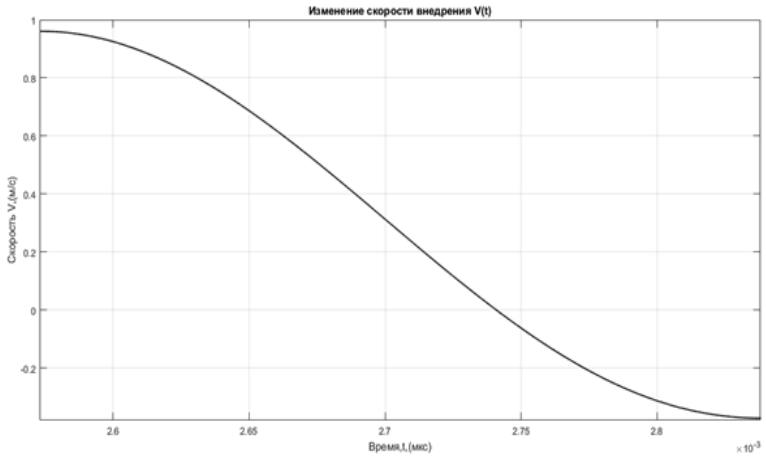


Рис. 2. График изменения скорости внедрения индентора

Путем дифференцирования и интегрирование скорости внедрения индентора были получены графики контактного усилия и глубины внедрения.

Сигнал, полученный с магнитно-индукционного преобразователя, проявляется на низких частотах, соответственно, для точности передачи низкоуровневого сигнала целесообразно применить аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) с большим разрешением. А большая частота дискретизации позволит уменьшить ошибки дифференцирования ЭДС сигнала. Исходя из требований к АЦП, для реализации

прибора ДИ рекомендуются использовать12 битный АЦП конвейерного типа [10, 11]. В таблице 2 приведены основные характеристики 12 битного АЦП наиболее известных производителей.

Таблица 2

Сравнение быстродействующих АЦП

Параметр	Texas Instruments	Analog Devices	Linear Technology	Maxim Integrated Products
	ADC3421	AD9231-65	LTC2223	MAX19527
Разрядность, бит	12	12	12	12
Максимальная частота дискретизации, МГц	25	65	80	50
Отношение сигнал/шум, дБ.	71.1	71.4	63.6	68.5
Количество каналов	4	2	1	8
Потребляемая мощность, мВт	177	138	366	55
Стоимость, (US$)	19	18.54	6.70	17.84

Таким образом, при разработке прибора ДИ для обеспечения точности оценки механических характеристик материалов предлагается использовать линейный цифровой фильтр, а именно оптимальный КИХ фильтр НЧ, а также 12 разрядный АЦП конвейерного типа компаний Analog Devices.

Литература

1. ГОСТ Р 8.748-2011 (ИСО 14577-1:2002) Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. Часть 1. Метод испытаний. – Москва: Стандартинформ, – 2011.
2. Vriend N. M., Kren A. P. Polymer Testing. 2004. Vol. 23. № 4. P. 369 – 375
3. Рудницкий В.А. Испытание эластомерных материалов методами индентирования / В.А. Рудницкий, А. П. Крень // Минск: Белорусская наука, 2007. – 228 с.
4. Мацулевич О.В. Определение прочности бетонов методом динамического индентирования / О. В. Мацулевич, В.А. Рудницкий// Неразрущающий контроль и диагностика. – 2013. – № 2. – С. 52–60.
5. Марусин, М. П. Разработка первичного преобразователя прибора динамического индентирования для измерения механических свойств материалов / М. П. Марусин, Т. А. Протасеня // Изв. Вузов. Приборостроение. – 2014. – № 10.
6. ГОСТ Р 56474 – 2015. Контроль неразрушающий физико-механических свойств материалов и покрытий космической техники методом динамического индентирования. – М: Стандартинформ, 2015. – 4 с.

7. Рудницкий, В.А. Метод динамического индентирования для оценки механических характеристик металлических материалов / В. А. Рудницкий, А.В. Рабцевич // Дефектоскопия. – 1997. – № 4. – С. 79–86/
8. Анишин, М.М. Цифровые фильтры.: учеб.-методическое пособие / М.М. Анишин – Ростов-на Дону – 2008.–13 с.
9. Богнер, Р. Введение в цифровую фильтрацию / Р. Богнер, А. Констатинидис – Москва: Мир, 1976 – С.44-45
10. Уолтер Кестер. Какая архитектура АЦП подходит для вашей задачи? – Современная электроника. – 2008. – №3. – С.18-21.
11. П.Дорофеев, П.Руднев. Современные быстродействующие АЦП с большим динамическим диапазоном. Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 2006. – №4.– 26с.



Кислицина Елена Андреевна
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № Р4230
Направление подготовки: 24.04.02 – Системы управления движением и навигация
e-mail: keasunrise@gmail.com

УДК 53.09

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ ЯЧЕЙКИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА ВРАЩЕНИЯ

Е.А. Кислицина
Научный руководитель – доцент А.Н. Шевченко

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы (соглашение № 14.578.21.0211, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57816X0211)».

В настоящее время наблюдается большой интерес к использованию приборов квантовой электроники для решения задач навигации и геодезии [1]. Разработаны и внедрены стандарты частоты и квантовые магнитометры, содержащие оптический канал накачки и детектирования, газовую ячейку с парами щелочного металла и магнитную систему задания резонансных полей. Наиболее передовым направлением исследований является применение газовых ячеек, содержащих изотопы ксенона для создания мазеров, высокочувствительных трехкомпонентных векторных магнитометров и квантовых датчиков вращения (КДВ) на эффекте ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Кроме того, такие газовые ячейки активно применяются для исследования фундаментальных проблем взаимодействия излучения с веществом.

Сегодня в нескольких лабораториях, расположенных в различных точках мира, параллельно ведутся исследования по созданию нового типа гироскопа – КДВ, использующего ядерный магнитный резонанс для отслеживания изменения спина атомных ядер [2]. Ведущие научные деятели современности уверены, что применение квантовых эффектов будет иметь важное влияние на развитие гироскопии, поскольку приборы на таких эффектах нечувствительны к ускорениям и вибрациям, а также имеют очень малые габариты.

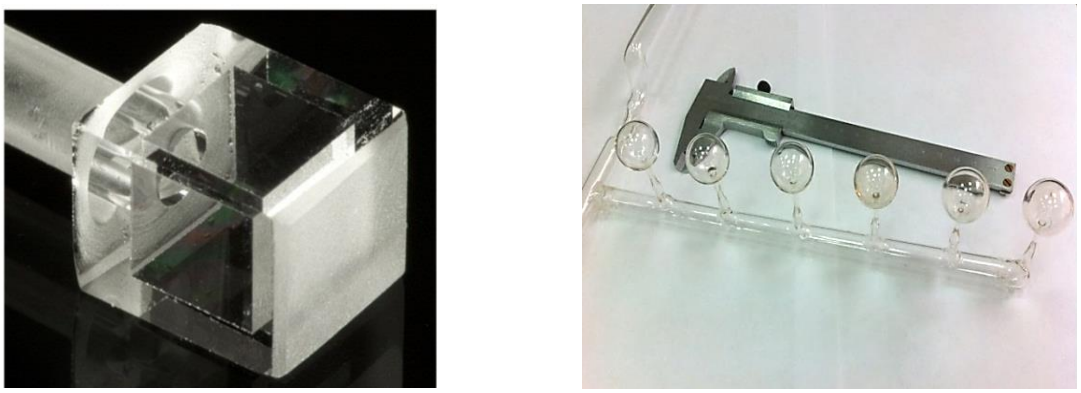
Наибольшее влияние на характеристики ЯМР-гироскопа оказывает качество изготовления и наполнения газовых ячеек. По этой причине в мире активно ведутся исследования по определению оптимальной газовой смеси для наполнения ячеек, а также по разработке оптимальной технологии наполнения ячеек [3].

В связи с тем, что технология изготовления и наполнения ячеек газами все еще находится на этапе исследований и пока не налажено их промышленное производство, существует необходимость оперативного контроля качества газовых ячеек при отработке технологии их изготовления [4].

Таким образом, целью настоящей работы стала разработка методики для определения качества газовых ячейки, изготовленных для применения в КДВ на эффекте

ЯМР, посредством измерения скорости релаксации вектора намагниченности ядер благородного газа.

Объектом исследования выступила газовая ячейка, наполненная двумя изотопами благородного газа ксенона ^{129}Xe и ^{131}Xe, парами щелочного металла цезия ^{133}Cs и буферным газом – азотом N_2. Оптимальные значения парциальных давлений газов зависят от назначения квантового дискриминатора и специфики его использования, поэтому в тестовых ячейках они значительно отличаются. На (рис. 1) приведен пример кубической газовой ячейки компании Northrop Grumman (рис. 1а) и сферических ячеек, полученных стеклодувным методом до отпайки от установки, предназначенной для заполнения ячеек газовой смесью (рис. 1б). Исследования проводились на стеклодувных сферических ячейках диаметром 15-20 мм, выполненных из борсиликатного стекла. В перспективе в конечный прибор будут устанавливаться более миниатюрные кубические ячейки, конструктивно сочетающиеся с магнитными катушками малых габаритов и требующие менее мощных лазеров. В связи с этим расчет достижимой чувствительности был выполнен для кубической ячейки размером 6,5 мм.



а) б)

Рис. 1. Примеры газовых ячеек кубической (а) и сферической (б) формы

Принцип работы лабораторной установки. Для измерения времени релаксации вектора намагниченности ксенона применялась лабораторная установка, схема и физическая реализация которой приведены на (рис. 2) и (рис. 3)

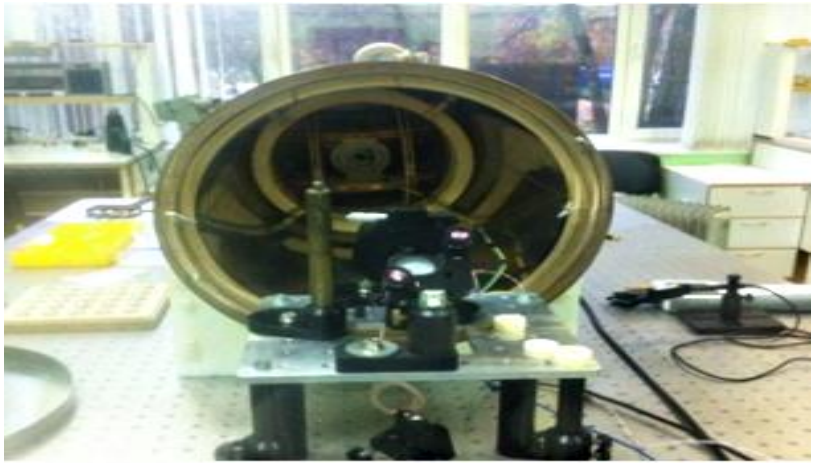


Рис. 2. фотография практической реализации лабораторного стенда

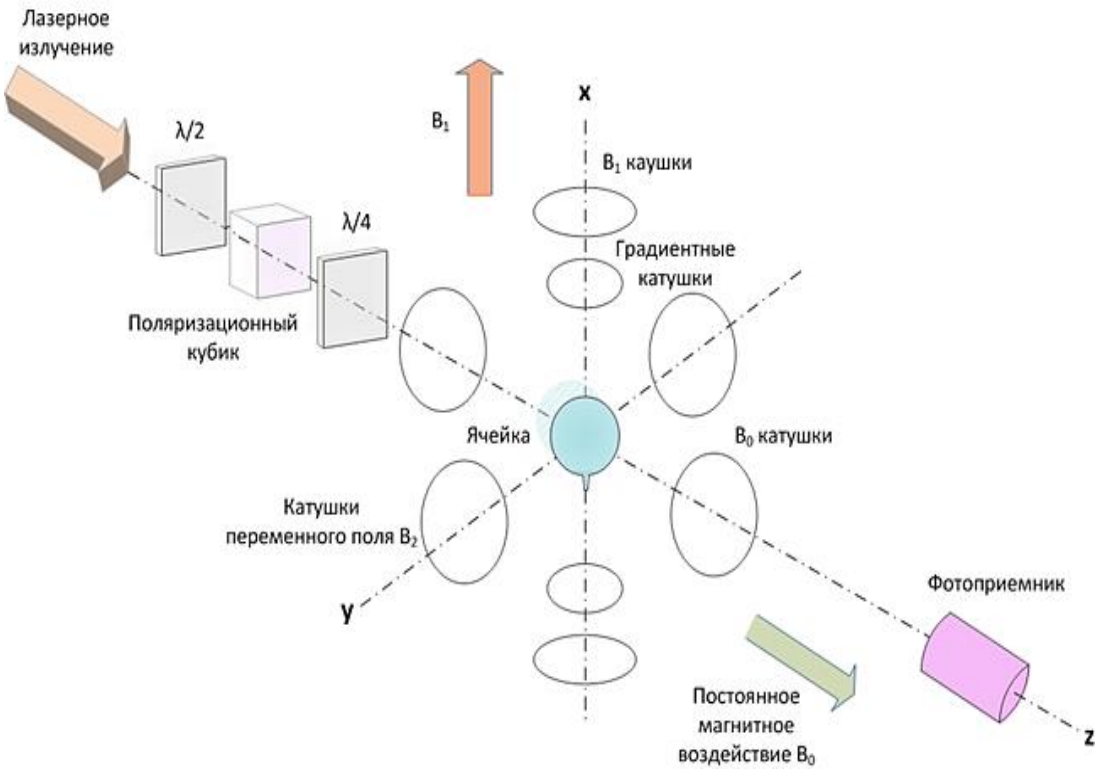


Рис. 3. Схема практической реализации лабораторного стенда

Представленная установка была разработана для наблюдения свободной прецессии вектора намагниченности ядер ксенона. В стенде имеется пара коаксиальных градиентных катушек, закрепленных симметрично относительно ячейки на оси X для генерации желаемой неоднородности магнитного поля.

Помимо времени релаксации на лабораторной установке можно проверить герметичность ячеек, потери нерезонансного излучения и степень деполяризации излучения при проходе через ячейку.

Выработка требований к градиенту магнитного поля.

На начальном этапе работы, с помощью изучения теоретической модели, был выполнен теоретический анализ факторов, ограничивающих предельно достижимую чувствительность ЯМР-гироскопа. Выявлено, что точность приборов этого типа определяются величиной отношения сигнал-шум и шириной линии сигналов, регистрируемых от рабочего вещества. Ширина линии, в свою очередь, определяется скоростью релаксации вектора намагниченности атомов благородного газа. В соответствии с полученными результатами предельно достижимая чувствительность датчика равна $1{,}6 \cdot 10^{-4}\ ^\circ/\sqrt{\text{час}}$, что на целый порядок больше минимально необходимой ($10^{-3}\ ^\circ/\sqrt{\text{час}}$). Далее, задавшись требованием к точности оценки чувствительности не хуже $1 \cdot 10^{-4}\ ^\circ/\sqrt{\text{час}}$, можно выработать требования к лабораторной установке, предназначенной для контроля качества ячеек. По результатам расчета погрешность определения скорости релаксации не должна превышать 0,021 $с^{-1}$.

Для формирования требований к градиенту магнитного поля на лабораторной установке был проведен ряд испытаний, где измерялись скорости релаксации вектора намагниченности ксенона в условиях влияния различных искусственно внесенных градиентов магнитного поля для двух ячеек с различными газовыми составами. Суммарное давление газов в первой ячейке на 10% меньше давления во второй. Результаты измерений показаны на рис. 4.

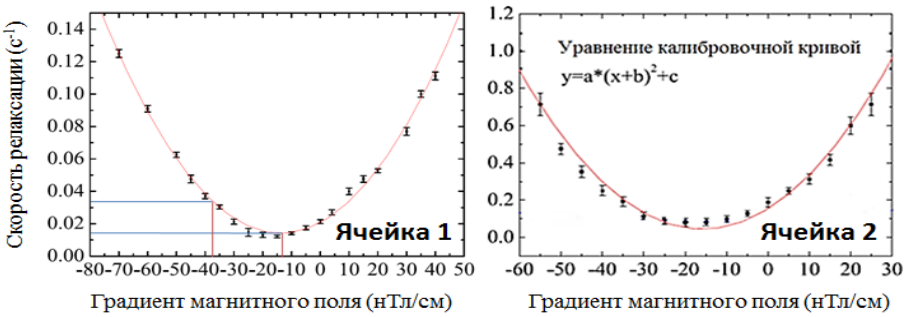


Рис. 4. Зависимость скорости поперечной релаксации ^{129}Xe от градиента магнитного поля

Из графиков можно заключить, что зависимость скорости релаксации от градиента магнитного поля является квадратичной. Центр квадратичной кривой смещен относительно нуля, что свидетельствует о присутствии остаточного градиента в магнитных экранах. Скорость релаксации в ячейке с большим давлением выше на целый порядок. На основе полученных результатов эксперимента требования к градиенту магнитного поля: для Ячейки 1 $\partial B_z / \partial z \leq 25$ *нТл/см*; для Ячейки 2 $\partial B_z / \partial z \leq 3$ *нТл/см.*

Методика определения качества изготовления газовых ячеек с использованием коэффициента диффузии ксенона в буферном газе.

Важным параметром, характеризующим газовую ячейку, является коэффициент диффузии изотопов ксенона, так как он определяет чувствительность квантового дискриминатора к градиенту магнитного поля на объеме газовой ячейки и к эффекту пристеночной релаксации (потери когерентности) изотопов ксенона [5]. Фактическое значение коэффициента диффузии может отличаться от расчетного в силу того, что эмпирические формулы для расчета коэффициента диффузии газов имеют погрешность предсказания в среднем около 8%. Также расчет может дать неверное значение коэффициента диффузии, если при изготовлении газовой ячейки были нарушены концентрации ксенона и буферного газа. Совпадение результатов теоретического и экспериментального расчетов является необходимым условием подтверждения соответствия состава газовой смести заявленным значениям, однако не достаточным.

Анализ полученных результатов. В соответствии с предложенной методикой были произведены теоретический и экспериментальный расчеты коэффициентов диффузии для двух пар ячеек с разными парциальными давлениями (табл. 1.).

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов диффузии

№ ячейки	Давление, торр	Радиус, см	$D_э$, $см^2/с$	$D_т$, $см^2/с$	Разница, %
1	347 N_2	1,18	0,347	0,330	5,15
2	347 N_2	1,18	0,344	0,330	4,24
3	719 N_2	1,17	0,186	0,175	6,29
4	719 N_2	1,17	0,195	0,175	11,43

Результаты экспериментального расчета коэффициента диффузии хорошо коррелируют с теоретическим расчетом. Однако экспериментальные значения оказались немного больше теоретических, что свидетельствует о пониженной концентрации газов

в ячейке. Можно предположить, что пониженное давление во всех ячейках вызвано недостатками технологии наполнения ячеек газами, а именно процесса отпайки ячеек от газонакачивающей установки (рис. 1б).

Заключение. В работе был выполнен теоретический анализ параметров, ограничивающих достижимую чувствительность ЯМР-гироскопа и произведен расчет этой чувствительности. Выделены параметры, оказывающие наибольшее влияние на чувствительность, относящиеся к чувствительному элементу – газовой ячейке. На основе наработанного учеными со всего мира теоретического и практического задела по способам определения параметров ячейки, характеризующих качество её изготовления, была разработана методика их измерения. Методика была апробирована на специализированной лабораторной установке.

Выработаны требования к градиенту магнитного поля, вносимого установкой для контроля качества ячеек. Определено, что для ячеек с большей концентрацией газов требования к градиенту магнитного поля существенно выше: при увеличении концентрации на 10%, требования к градиенту выросли почти на порядок. В перспективе, когда будут утверждены эталонные парциальные давления газов в ячейке, примененная методика расчета требований к градиенту магнитного поля, вносимого установкой, может быть использована для задания требований к оборудованию на производственной линии.

Результаты сопоставления теоретического и практического расчетов коэффициента диффузии показали, что три из четырех ячеек, для которых разница теоретического и экспериментального значений коэффициента диффузии совпадают с разницей не превышающей 8%, могут быть использованы для дальнейшей работы, тогда как последнюю ячейку, с разницей 11,43%, справедливо признать производственным браком.

Литература

1. Литманович, Ю.А. Гироскоп на основе явления ядерного магнитного резонанса: прошлое, настоящее, будущее / Ю.А.Литманович, А.К.Вершовский, В.Г.Пешехонов // Материалы пленарного заседания 7-й Российской мультиконференции по проблемам управления АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», СПб. – 2014. – С.35-42.
2. Meyer, D. Nuclear Magnetic Resonance Gyro for Inertial Navigation / D.Meyer, M.Larsen // Gyroscopy and Navigation. – 2014. – V. 5 No. 2, P. 75-82.
3. Шевченко, А. Н. Масс-спектрометричекое измерение состава газовых смесей в ячейках квантового датчика вращения / А. Н. Шевченко, А. Г. Кузьмин, Ю. А. Титов // Научное приборостроение. – 2015. – Том 25, № 1.
4. Mirijanian, J.J. Techniques to characterize vapour cell performance for a nuclear-magnetic-resonance gyroscope // A Thesis presented to the Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo. – 2012.
5. Liu, X. Transverse spin relaxation and diffusion-constant measurements of spin-polarized 129Xe nuclei in the presence of a magnetic field gradient / X.Liu, C.Chen, T.Qu, K.Yang, H.Luo // Scientific Reports 6, Article №24122. – 2016.



Конева Татьяна Александровна
Год рождения: 1995
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Прикладная оптика
e-mail: takoneva@bk.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА

Т.А. Конева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Э. Романова

Дополненная и виртуальная реальность – генерируемая компьютерными технологиями среда, в которую пользователь погружается частично или полностью. Погружение в полностью смоделированное окружающее пространство называют виртуальной реальностью. Дополненная реальность позволяет наложить виртуальный мир на реальный. Такие системы находят широкое применение в различных сферах: моделирование окружающей среды для различных тренировок, обучения; в области промышленного дизайна и архитектуры, например, создание виртуальных моделей для исследования проекта изнутри. На данный момент наиболее известно применение систем виртуальной реальности в индустрии развлечений, в которую входят кино, игры, виртуальное посещение мероприятий и туризм [1].

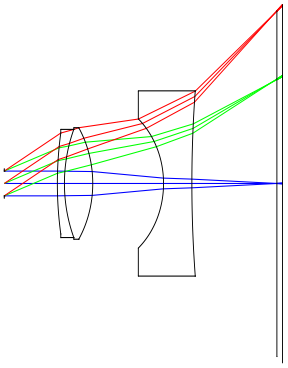
Системы дополненной реальности можно разделить на два типа: в первом случае наблюдатель не видит напрямую окружающего пространства (так называемые «nonsee-through» системы). Изображение окружающей реальности захватывается с помощью камеры смартфона, совмещается с дополненным изображением и затем предъявляется наблюдателю. Во втором случае (так называемые «see-through» системы) пользователь видит окружающее пространство через комбинер, который за счет частичного отражения направляет к наблюдателю также и дополнительное изображение от смартфона или другого типа дисплея. Аналог шлема дополненной реальности на основе смартфона – MiraPrism AR HMD. Смартфон крепится над глазами пользователя, а изображение проецируется при помощи полупрозрачных зеркал. Производителем заявлено диагональное поле зрения 60° [2]. Данная модель – одна из немногих существующих на рынке представителей шлемов дополненной реальности на основе смартфона.

В связи с этим целью работы является разработка и исследование оптической схемы системы дополненной реальности, работающей со смартфоном, со следующими характеристиками:

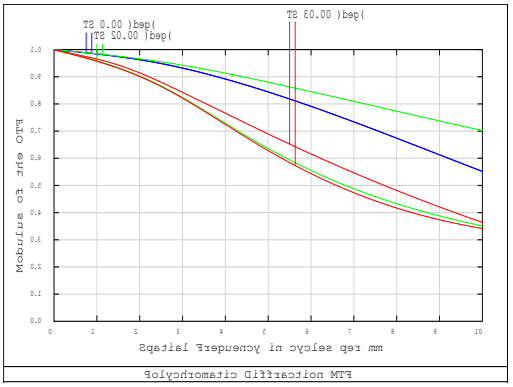
- Диагональное поле зрения $2\omega \geq 40°$;
- Диаметр выходного зрачка $D \geq 6$ мм;
- Диапазон длин волн: 480-640 нм;
- Источник изображения – смартфон. Размер экрана смартфона 62×110 мм^2, разрешение 720×1280 pix.

В результате габаритного расчета с учетом характеристик экрана смартфона и габаритных ограничений для дальнейшего синтеза выбраны характеристики: фокусное расстояние f' = 70 мм и 115 мм, угловое поле в пространстве предметов 2ω = 40° и 60°.

Первый тип схем для проектирования системы дополненной реальности аналогичен схеме виртуальной реальности. Были рассчитаны несколько вариантов оптических систем, одна из которых – схема с отрицательным компонентом – представлена на (рис. 1а).



а)

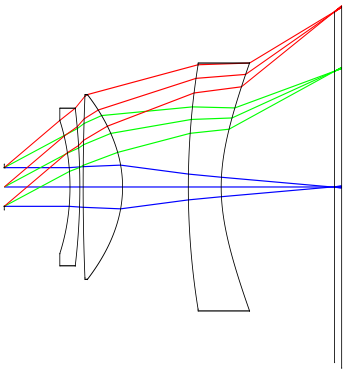


б)

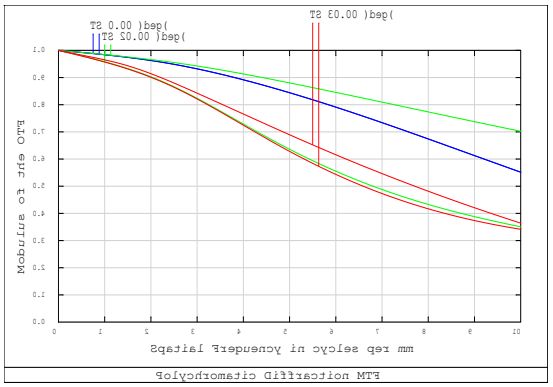
Рис. 1. Схема с отрицательным компонентом (а) и ФПМ(б)

Путем оптимизации системы [3] удалось добиться высокого значения контраста на частоте Найквиста (рис. 1б) и приемлемых габаритов – длина системы 79 мм, вес – 82 гр. В системе используются сферические поверхности и стандартные оптические стекла. Дисторсия составляет около 6%. Недостатком предложенной схемы являются большие углы главных лучей, что может привести к снижению яркости на краях изображения.

Так как немаловажный параметр – вес системы, то в следующем представленном варианте было рассмотрено применение полимерных материалов – полиметилметакрилата и поликарбоната. Схема показана на (рис. 2а.) Удалось сократить вес системы до 42 грамм, однако увеличилась ее длина (103 мм) и добавились две асферические поверхности.



а)



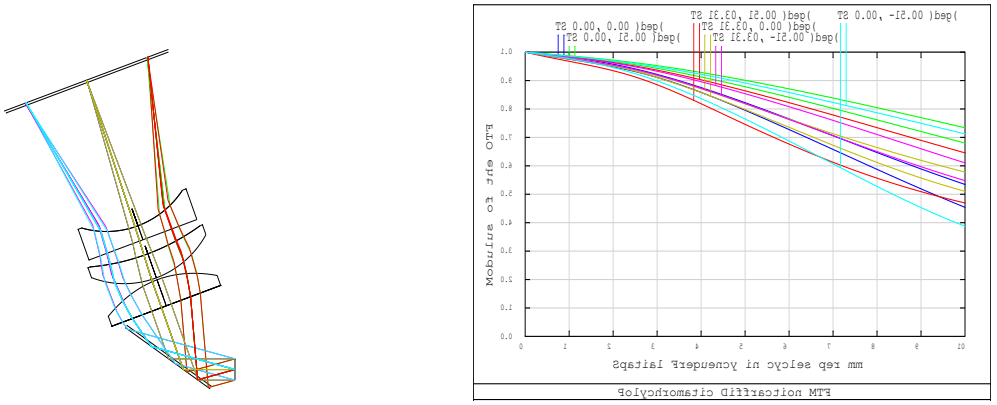
б)

Рис. 2. Схема с линзами из пластика (а) и ФПМ (б)

Удалось добиться достаточно высокого качества изображения – контраст на частоте Найквиста больше 0.5 для всех точек поля (рис. 2б), дисторсия в системе – 8%. Диаметр зрачка D = 8 мм.

Второй тип систем – с использованием комбинера, что позволяет пользователю видеть окружающее пространство с наложенным на него дополнительным изображением. Одно из возможных решений – разработка системы на базе объектива с вынесенным зрачком или окуляра. В этом случае предполагается использование плоского комбинера. В качестве стартовой точки для поиска наилучшего решения была

взята показанная на (рис.2) система с линзами из пластика. Полученная схема представлена на (рис 3а). В системе полупрозрачное диагональное зеркало, расположенной под углом 55°. Линзовая часть состоит из трех линз с одной асферической поверхностью. Линзы выполнены из полимерных материалов. Угловое поле зрения 2ω = 40°, фокусное расстояние f ' = 115 мм.

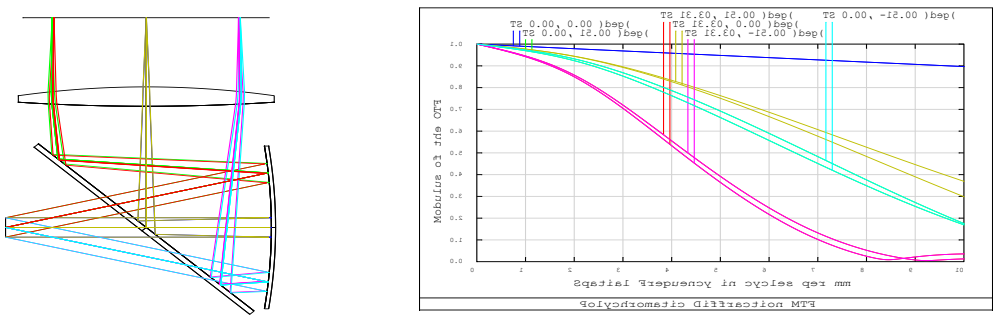


а) б)

Рис. 3. Система, основанная на виртуальной реальности (а) и ФПМ (б)

Качество изображения оценивается по значению контраста на частоте Найквиста (5.8 лин/мм) при диаметре зрачка D = 10 мм. Функция передачи модуляции представлена на рисунке 3б. На частоте 5.8 лин/мм значение контраста для точки на краю поля – 0.68, для центра поля – 0.75. Качество изображения также оценивается по угловому значению пятна рассеяния, которое в данном случае не превышает 2 минуты для края поля. Дисторсия в системе – 2%. Из-за достаточно большого фокусного расстояния представленная система выглядит громоздко. В связи с этим далее былирассмотрены варианты реализации оптической системы с возможностью оптимального размещения на голове пользователя.

Альтернативный вариант – использование силового комбинера с дополнительным плоским наклонным зеркалом [4]. В такой схеме при приемлемых габаритах можно получить характеристики: поле зрения 2ω = 40° и фокусное расстояние f' = 115 мм. Полученная система показана на (рис. 4 (а, б)). Диаметр входного зрачка D = 10 мм. Система состоит из силового асферического зеркала, плоского диагонального зеркала, одной линзы, сделанной из пластика. Поверхности линзы сферические.



а) б)

Рис. 4. Система с силовым зеркалом (а) и ФПМ (б)

Возможны вариации в конструктивном исполнении данной схемы – зеркало может быть сферическим, а одна из поверхностей линз асферической, либо наоборот, асферическое зеркало с линзой со сферическими поверхностями.

На частоте 5,8 лин/мм значение контраста для точки на краю поля – 0,2, для остальных точек поля значение контраста гораздо выше. Качество изображения также оценивается по угловому значению пятна рассеяния, которое в данном случае не превышает 3.5 минут для края поля. На рисунке 5 показан вариант размещения системы на голове пользователя.

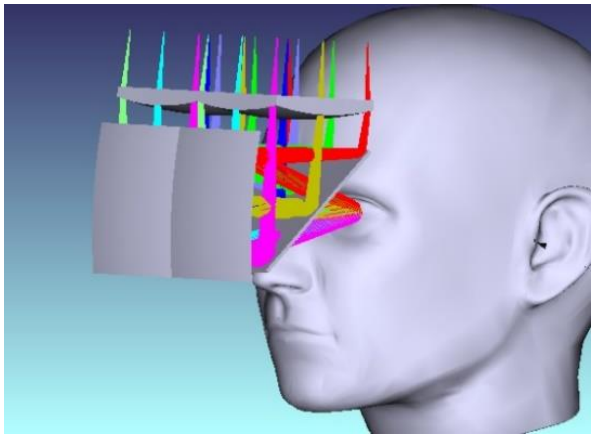
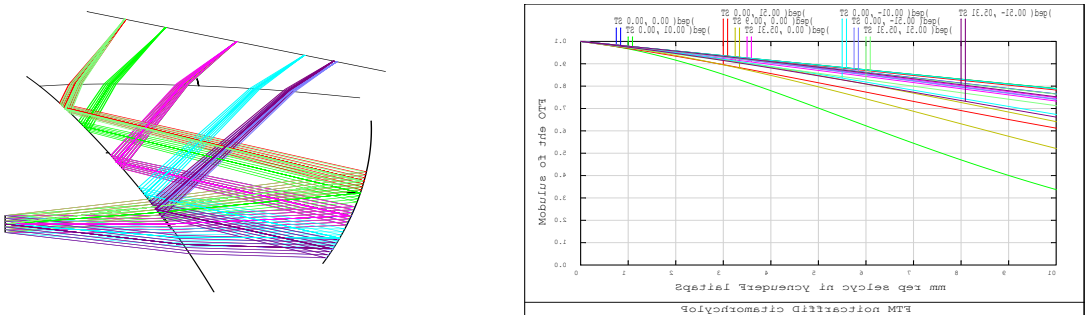


Рис. 5. Компоновка системы на голове пользователя

Расстояние от глаза до силовых зеркал составляет около 10 см. Смартфон располагается над линзами и находится на уровне лба пользователя.

Еще один вариант организации системы дополненной реальности – использование призмы с поверхностями свободной формы (рис. 6а). Такие системы хорошо известны в случае применения микродисплея в качестве источника изображения [5].



а) б)

Рис. 6. Призма с поверхностями свободной формы (а) и ФПМ (б)

Функция передачи модуляции для зеленой длины волны (0.546 мкм) показана на (рис. 6б). Качество изображения остается высоким при работе с одной длины волны, но значительно падает при работе в видимом диапазоне (0.48 – 0.643 мкм). Система получается достаточно громоздкой, а, кроме того, в ней затруднена коррекция хроматических аберраций, возникших из-за большой толщины материала.

Таким образом, в работе выполнен расчет и исследование оптической системы дополненной реальности, работающей со смартфоном. Проанализированы возможные

варианты реализации систем дополненной реальности с точки зрения оптимального сочетания обеспечиваемых характеристик и простоты дальнейшей реализации.

Литература

1. Rolland J. P., Hua H. Head-mounted display systems [Текст] //Encyclopedia of optical engineering. – 2005. – С. 1-13.
2. Startbuildingthefuture, today [Электронный ресурс]. / электр. текст. данные. - Режим доступа: https://www.mirareality.com/developers, своб.
3. Zemax Development Corporation Optical Design Program User's Guide [Текст]. – 2015.
4. Tehrani M. Design of Diffraction Limited Head Mounted Display Optical System Based on High Efficiency Diffractive Elements [Текст] / M. Tehrani, F. Mousavi // Curr. Opt. Photon. 1. – 2017. – с.150-156.
5. Cheng D. Design of an optical see-through head-mounted display with a low f-number and large field of view using a freeform prism [Текст] // Applied optics. – 2009. – Т. 48. – №. 14. – С. 2655-2668.



Корнев Андрей Андреевич
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения. Биотехнология продуктов лечебного, специального и профилактического питания
e-mail: watafag@bk.ru

УДК 637.344

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА, ОБОГАЩЕННОГО БЕЛКОМ И СВЕКЛОВИЧНЫМИ ВОЛОКНАМИ

А.А. Корнев
Научный руководитель – д.т.н., проф., Л.А. Забодалова

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД № 615872 Биотехнология поликомпонентных продуктов питания функционального и специального назначения.

Для того, чтобы питание человека являлось полноценным, оно должно быть сбалансированным по количеству и составу пищевых компонентов. Одними из самых важных компонентов пищи являются белки и пищевые волокна. На сегодняшний день актуальность разработки и производство кисломолочных продуктов обогащенных белком и пищевыми волокнами не вызывает сомнений. Перспективной основой для обогащения может служить йогурт, как один из самых востребованных кисломолочных продуктов массового употребления. Использование растительных ингредиентов с целью обогащения йогурта целесообразно и экономически перспективно. Свекловичные пищевые волокна являются одним из лучших источников пищевых волокон, а изолят горохового белка является хорошей альтернативой соевым белкам, обладая более сбалансированным аминокислотным составом. В результате совместного сочетания свекловичных волокон и изолята горохового белка для обогащения йогурта можно получить полезный и сбалансированный по пищевому составу продукт, соответствующий современным тенденциям молочной промышленности [1, 2].

В ходе научного эксперимента рассматривалась возможность использования свекловичной клетчатки и изолята горохового белка с целью обогащения йогурта.

Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432 -08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» суточная потребность в белке составляет для взрослого населения - от 65 до 117 г/сутки для мужчин, и от 58 до 87 г/сутки для женщин, потребность в пищевых волокнах, составляет от 20 до 30 г/сутки. Отталкиваясь от данных норм целью эксперимента стала разработка рецептуры обогащенного йогурта, обеспечивающего минимум 15% от суточной потребности в пищевых волокнах и не менее 5% в белках [3].

Перед началом приготовления опытных образцов обогащенного йогурта было проведено исследование влияния температурно-временных режимов на влагопоглащающую способность свекловичных волокон. Было установлено, что в интервале температур от 20 до 60°С объем осадка свекловичной клетчатки не увеличился. Начиная с 70°С, объем осадка увеличился, при этом общий объем воды

уменьшился, что говорит о впитывании воды волокнами. На втором этапе изучения температурно-временных режимов температуру изменяли в интервале 70-90°С, варьируя продолжительность выдержки от 10 до 40 минут. Было установлено, что высшая точка влагопоглащающей способности достигается при температуре 80°С и продолжительности выдержки 30 минут. Дальнейшее увеличение температуры и выдержки не оказали влияния на исследуемый показатель Результаты исследования представлены на (рис. 1).

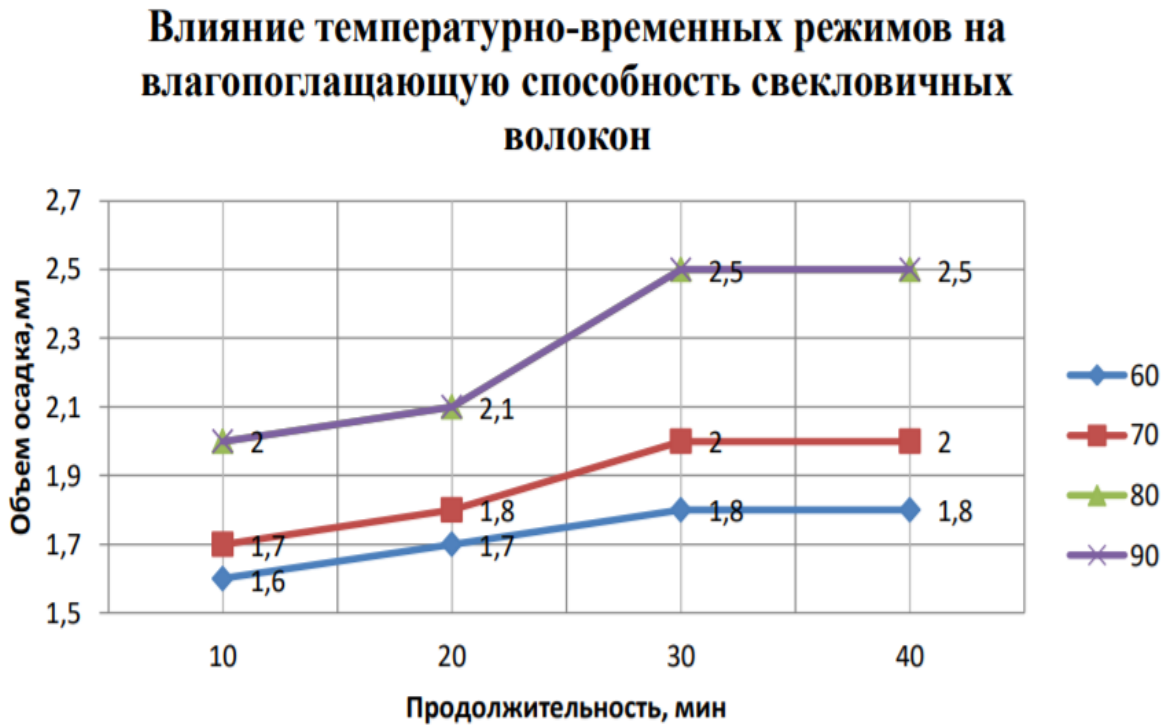


Рис. 1. Влияние температурно-временных режимов
на влагопоглащающую способность свекловичных волокон

После определения влагопоглащающей способности свекловичных волокон, готовили опытные образцы йогурта, для этого готовили нормализованную смесь, после этого в смесь вносили изолят горохового белка в количестве предусмотренным рецептурой и пастеризовали при температуре 92±2°С с выдержкой 5-8 минут и охлаждали до температуры заквашивания 41-43°С. Далее вносили йогуртовую лабораторную закваску в количестве 5 % от объёма смеси. Смесь ставили в термостат. Окончание заквашивания определяли по образованию достаточно плотного сгустка и по достижению значения активной кислотности pH 4,5-4,8, а титруемой кислотности сгустка не менее 80-85°Т.

Параллельно заквашиванию подготавливались свекловичные волокна, они выдерживались в питьевой воде в течение 30 минут при температуре 80°С для набухания. После получения йогуртового сгустка вносили предварительно подготовленные пастеризованные свекловичные волокна, ягодные наполнители и тщательно гомогенизировали.

В результате проведения ряда исследований было определено оптимальное время сквашивания йогурта, которое составило 3 ч 30 мин. При этом среднее значение активной кислотности достигало pH 4,69, а титруемой кислотности 80°Т. На (рис. 2) представлено изменение титруемой кислотности обогащенного йогурта в процессе сквашивания

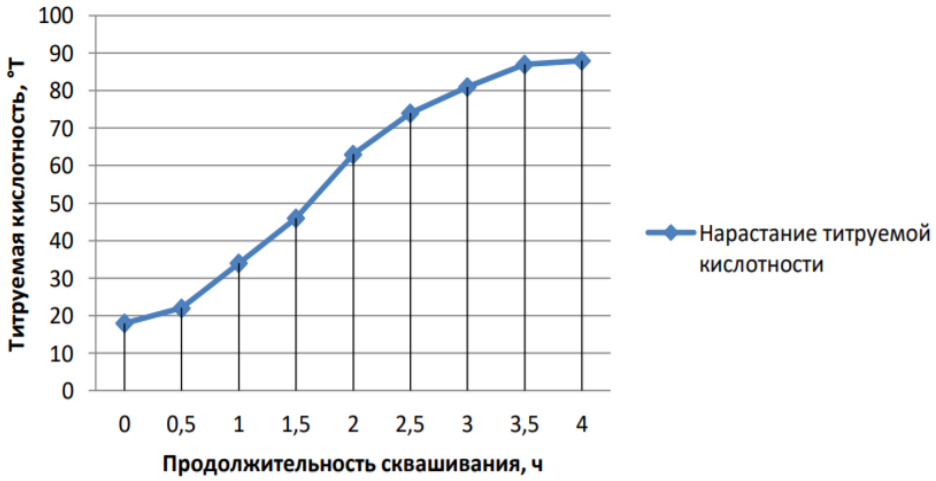


Рис. 2. Изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания

Выводы: Исходя из физиологической потребности в пищевых волокнах и белках были разработаны рецептуры с различным содержанием обогащающих растительных ингредиентов, по совокупности потребительских и органолептических показателей был выбран оптимальный образец с содержанием 3,75 г свекловичных волокон и 1 г изолята горохового белка. С целью улучшения органолептических свойств обогащенного йогурта целесообразно внесение ягодного наполнителя – клубничного джема, в количестве 5% от общего объема.

В результате проведенных исследований была разработана рецептура йогурта, обогащенного пищевыми свекловичными волокнами и изолятом горохового белка, которая представлена в таблице.

Таблица

Рецептура обогащенного йогурта на 1000 кг.

Сырье, кг на 1000 кг продукта (без учета потерь)	Количество
Молоко коровье сырое цельное (жира 1,5%, СОМО 7,6%). ГОСТ Р 52054-2003	824
Молоко сухое обезжиренное (жира 1,5%, СОМО 87%). ГОСТ Р 52791-2007	36
Свекловичные пищевые волокна. ТУ по действующей ТД	32
Изолят горохового белка	18
Клубничный джем	49
Закваска йогуртовая. ТУ 9229-369-00419785-04	41
Итого	1000

Литература

1. Бобренева И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания: Монография [Текст]/ И.В. Бобренева. – СПб.: ИЦ Интермедия, 2012. – 180 с.:ил.
2. Бобков С. В., Уварова О. В. Растительный белок зернобобовых культур и перспектива получения белковых изолятов //Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2010. – №. 6. – С. 61–62.
3. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации [Текст]: – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.



Костерева Полина Александровна
Год рождения: 1994
Факультет Низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники, группа № W4262
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика (теплофизические процессы и технологии)
e-mail: pkostereva@gmail.com

УДК 614.841.48

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОЖАРАХ НА ОБЪЕКТАХ МЕТРОПОЛИТЕНА

П.А. Костерева
Научный руководитель – к.т.н., ассистент И.А. Сиваков

В связи с активным развитием метрополитенов в России в таких городах как Москва, Санкт-Петербург и Казань все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение основных факторов и механизмов, влияющих на распространение пожара и его обнаружение, обоснование аварийных сценариев и отдельных параметров модели, а также их непосредственная расчетная реализация для обоснования и оптимизации проектных решений.

Цель моей ВКР заключается в решении тематических проблем современной компьютерной теплофизики: компьютерном моделировании гидрогазодинамических и тепломассобменных процессов при пожарах, теоретических и численных исследованиях различных сценариев возгораний и переноса дымовых газовых смесей с учетом особенностей вентилирования сооружений метрополитенов.

Для достижения данной цели поставлены и решены следующие задачи:

- обзор особенностей пожаров в метрополитене, анализ статистики пожаров и конструктивных особенностей вагонов;
- описание принципов вентилирования тоннелей метрополитена;
- математическое описание полевой модели пожара, модели пиролиза пожарной нагрузки и сетевой модели вентиляции для учета воздухораспределения в выработках метрополитена;
- проведение верификационных расчетов для определения основных параметров пожара конструкционных материалов вагонов;
- моделирование возгораний в вагоне для различных сценариев его появления и развития с учетом воздухораспределения в сети метрополитена;
- практическое приложение полученных данных для дальнейших расчетов оптимальных путей и способов эвакуации пассажиров.

Объектом исследования являются физико-химические процессы тепломассопереноса и термического разложения материалов, используемых в конструкции вагонов метрополитена, а также процессы воздухораспределения в вентиляционной сети метрополитена.

Предметом исследования является моделирование пожара подвижного состава на станции с перегонами с учетом работы вентиляционных установок на линии метрополитена.

При написании работы была использована следующая методологическая база:

- нормы пожарной безопасности, нормативные документы и стандарты, строительные нормы и правила в области тоннеле- и метростроения, принятые на территории Российской Федерации;
- стандарты Национальной ассоциации противопожарной защиты (NFPA) США для пассажирских железнодорожных систем;
- технические отчеты международного научно-исследовательского проекта по исследованию пожаров в тоннелях Fire in Tunnels;
- отечественные и зарубежные статьи по моделированию пожаров;
- тематические научные работы.

Основным практическим значением работы является определение параметров моделей пожара, отражающих конструктивные особенности применяемых в метрополитенах вагонов, учет физико-химических свойств материалов, из которых они изготовлены, моделирование возгорания вагона с учетом воздухораспределения в сети метрополитена в аварийном режиме.

В первой части представлены основные закономерности развития пожаров, а также их воздействие на строительные конструкции и людей. Приведены особенности пожаров на объектах метрополитена, проведен анализ распространенных сложностей и проблем обеспечения пожарной безопасности людей при пожаре в метро. Проведен обзор типовых схем и принципов вентиляции, предоставлено сравнение классической схемы и схемы для двухпутного тоннеля. Рассмотрено конструктивное устройство метрополитена, проанализирована пожарная опасность подземных сооружений метрополитена и способы противопожарной защиты.

Также был проведен анализ типовых подвижных составов на предмет пожарной нагрузки. Результатом стали реакции горения основных конструкционных материалов, используемых в подвижных составах [1].

Вторая часть ВКР посвящена описанию основных математических моделей, используемых в программном средстве FDS, реализующем вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. Также приведено описание математических моделей для расчета сложных вентиляционных сетей: модель ВНИИПО и применяемая в FDS подмодель FSSIM.

Необходимо произвести расчет газообмена при пожаре метрополитена, который имеет сложные объемно-планировочные решения и непростую пространственную конфигурацию, что существенно влияет на режим воздухообмена на станции. Для описания распространения опасных факторов пожара наиболее подходящей оказывается полевая модель. В ней предусмотрено различие температуры воздуха во всех точках помещения, а сами температуры рассчитываются с учетом расположения конкретного источника горения.

Для описания турбулентного течения реагирующей смеси использовались следующие уравнения сохранения массы, импульса и энергии, формирующие систему уравнений Навье-Стокса для многокомпонентного неизотермического течения (существенно дозвуковое приближение) [2].

Для определения параметров воздуха в вентиляционной сети сложной конфигурации была предложена методика расчета, разработанная В.П. Чижиковым и дополненная А.П. Агеевым [3].

В практической части были представлены результаты по сжиганию чистых полимеров, входящих в состав конструкционных материалов вагона метрополитена. Все конструкционные материалы вагона были разложены на пять полимеров:

поливинилхлорид, полиуретан, полиэтилен, каучук и целлюлоза. Итогом обработки результатов можно считать химическую формулу усредненной пожарной нагрузки вагона, которая характеризуется следующей химической реакцией разложения:

$$0{,}14(C_{38{,}39}O_{6{,}92}H_{2{,}69}Cl)+1{,}53(4{,}47O_2)\rightarrow HCl+9{,}12H_2O+5{,}21CO+0{,}165CO_2 \quad (1)$$

Далее рассматривались возможные пожары вагона, возникшие в результате поджога различным количеством горючей жидкости. На основании проведенных расчетов был построен сводный график зависимости удельной скорости тепловыделения от времени для всех расчетных сценариев (рис. 1).

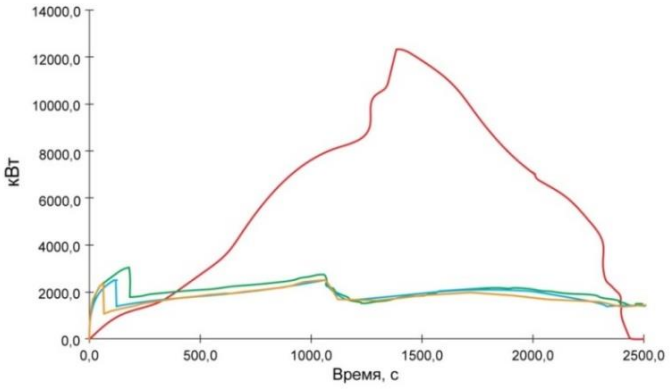


Рис. 1. Сводный график зависимости удельной скорости тепловыделения от времени для всех расчетных сценариев

Кривая демонстрирует собой наихудший сценарий развития пожара: сочетание высокой скорости развития и продолжительного объемного горения пожарной нагрузки.

Оба этих расчета служат входными параметрами для дальнейшего моделирования. Всю нелинейно распределенную пожарную нагрузку вагона мы заменяем усредненной с определенным выходом газообразных веществ и определённым законом сгорания.

Для определения воздухораспределения на станции необходимо задаться граничными условиями. Сооружения метрополитена достаточно сильно влияют друг на друга, т.к. представляют собой вентиляционную сеть сложной конфигурации. Моделирование вентиляции целой линии методом конечных элементов требует большого количества времени и вычислительных ресурсов, поэтому сетевая модель служит инструментом для получения граничных условий для укрупнённого моделирования станционного комплекса. Сетевая модель представляет собой имитационную математическую модель процесса функционирования тоннельной вентиляции, в которой тоннели заменяются соответствующими аэродинамическими сопротивлениями, вентиляторы подпора – источниками, утечки определяются как стоки.

Заключительный этап работы – моделирование возгорания подвижного состава на станции мелкого заложения. Для проведения расчета была построена модель, описывающая станцию на двухпутной линии метрополитена. В модели учтены геометрические параметры, физико-химические свойства материалов, механизмы работы системы вентиляции и противодымной защиты. Параметры химической реакции для приведенной пожарной нагрузки и характер сгорания приняты на основании результатов моделирования приведенных выше. Общий вид модели станции представлен ниже (рис. 2).

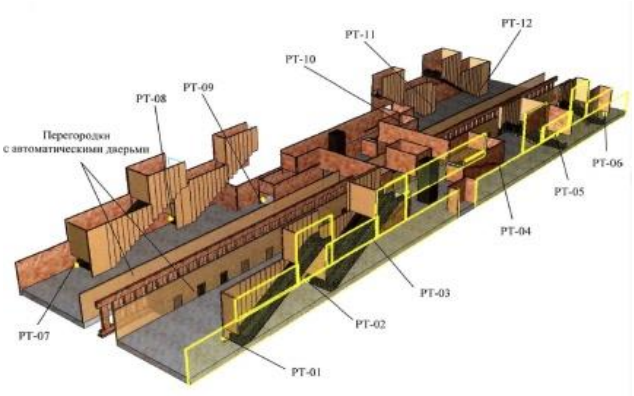
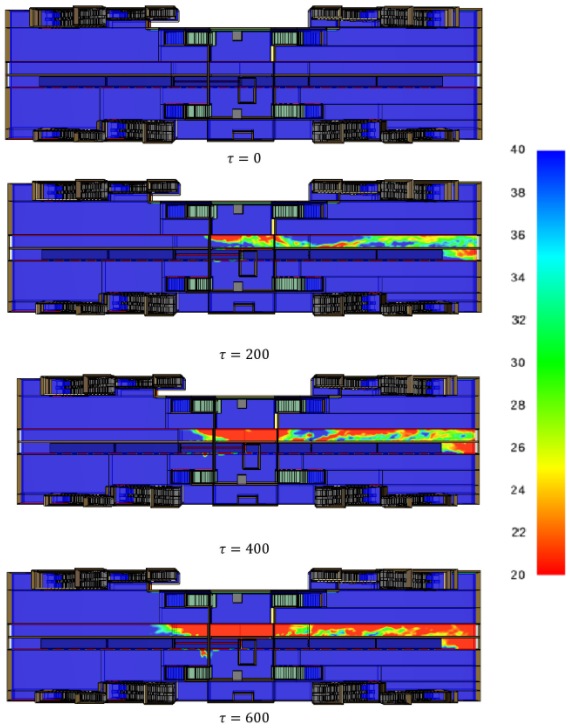
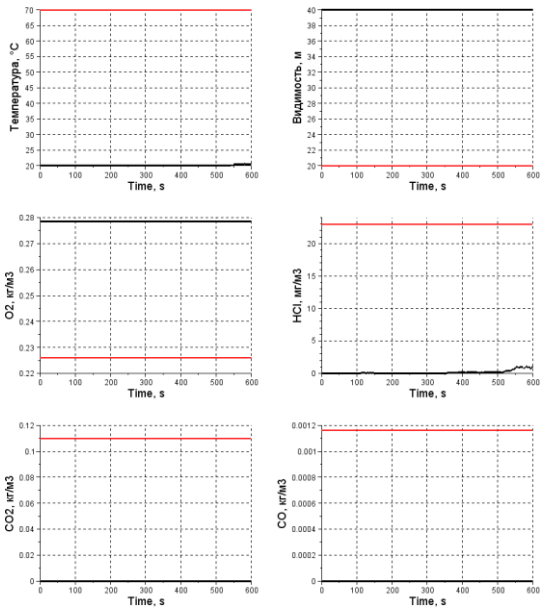


Рис. 2. Общий вид расчетной модели

Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица

Результаты моделирования

	
Распределение видимости на высоте 1,7 м от уровня платформы	Зависимость значений ОФП от времени для расчетных точек 01 – 06

В качестве обобщения проведенной работы следует отметить выполнение следующих задач:

– проведен обзор возможных вариантов развития пожаров и выполнена оценка пожарной нагрузки подвижного состава;
– выявлены основные направления противопожарной защиты двухпутных тоннелей, влияющие на обеспечение безопасности людей;

- для определения укрупненных параметров модели пожара по основным материалам вагона были проведены расчетные эксперименты в постановке с пиролизом. Результаты сравнивались с известными теоретическими и экспериментальными данными по сжиганию материалов в кон-калориметре;
- на основании результатов численного моделирования получена зависимость мощности пожара от времени, основанная на данных по реальным параметрам пожарной нагрузки вагонов, эксплуатируемых в настоящее время;
- для определения граничных условий была построена сетевая модель участка метрополитена. Также она использовалась для верификации полученных результатов;
- проведено моделирование пожара подвижного состава на станции мелкого заложения с боковым примыканием платформ, по результатам которого разработан комплекс инженерно-технических и конструктивных решений.

Литература

1. Отчет по испытаниям №1412-12 (Проверка соответствия требованиям раздела 7 НПБ109-96). Независимый испытательный центр пожарной безопасности (НИЦ ПБ) СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ, 2012 г. – 35 с.
2. Numerical Simulation of a Metro Train Fire. Fire Engineering Research Report 05/1June 2005. Department of Civil Engineering University of Canterbury/ Christchurch, New Zealand.
3. Автореферат. Агеев П.М. Разработка моделей и методов исследования процессов развития пожаров на станциях метрополитена: диссертация кандидата технических наук: 05.26.03 /Агеев Павел Михайлович; С.-Петерб. гос. ун-т ГПС МЧС России]. – Санкт-Петербург, 2012. – 148 с. ил. Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям) 61 12-5/3985.



Кузин Алексей Юрьевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем,
группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электропривод и автоматика
e-mail: cuzinaleksey@yandex.ru

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В РЕГУЛЯТОРАХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ДВУХМАССОВОЙ НАГРУЗКОЙ

А.Ю. Кузин
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.В. Лукичев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

Введение. В последнее время алгоритмы нечеткой логики и искусственных нейронных сетей находят все большее применение в различных технических системах, в том числе в системах управления электроприводом [1, 2]. Преимущества их использования, такие как: работа в условиях неполной информации об объекте управления, робастность и др вполне компенсируют определенные трудности синтеза таких систем. Большинство систем управления основаны на использовании ПИД-алгоритмов регулирования (пропорционально-интегрально-дифференциальные), которые просты в настройке и не требуют значительной вычислительной производительности. Поскольку такие алгоритмы являются линейными и зачастую не могут обеспечить заданные параметры качества процессов в технических системах, вместо них предлагается использовать регуляторы на базе алгоритмов нечеткой логики.

Подчиненная система регулирования. В исследовании рассматривается система управления двухмассовым электромеханическим стендом, имитирующим поворотную ось телескопа. Момент инерции J_1 связан с ротором синхронной машиной с постоянными магнитами (СМПМ), а также с инкрементальным датчиком. Момент инерции J_2 соответствует нагрузке на валу. СМПМ и маховик соединены упругой связью с жесткостью c_{12}. Математическая модель механической части объекта описывается системой:

$$\begin{cases} J_1 s\Omega_1 = M_0 - M_{12} - M_{f1} \\ J_2 s\Omega_2 = M_{12} - M_{f2} \\ M_{12} = c_{12}\left(\alpha_1 - \alpha_2\right) + k_d\left(\Omega_1 - \Omega_2\right) \\ \alpha_1 = \Omega_1 / s \\ \alpha_2 = \Omega_2 / s \end{cases} \quad (1)$$

где M_0 – момент развиваемый двигателем, M_{12} – момент упругой связи, включающий демпфирующий момент с коэффициентом k_d, M_{f1}, M_{f2} – моменты сухого трения масс, Ω_1, α_1 и Ω_2, α_2 – скорость и угол первой и второй массы соответственно [3].

Перед синтезом системы управления были идентифицированы параметры механической части объекта. Параметры СМПМ и нагрузки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры объекта управления

Параметры СМПМ и нагрузки	Обозначение	Единица измерения	Значение
Число пар полюсов	p	-	24
Сопротивление статора	R_s	Ом	1.2
Электромагнитная постоянная времени	T_e	мс	8
Постоянная противоэдс	K_e	В·с/рад	3.58
Постоянная по моменту	K_m	Нм/А	5.09
Коэффициент нежесткости	c_{12}	Нм/рад	$4.19 \cdot 10^5$
Момент инерции первой массы	J_1	кг·м^2	0.83
Момент инерции второй массы	J_2	кг·м^2	9.23

В качестве системы управления стендом используется четырехконтурная система регулирования угла с ПИ-регулятором в контуре положения (рис. 1) [4].

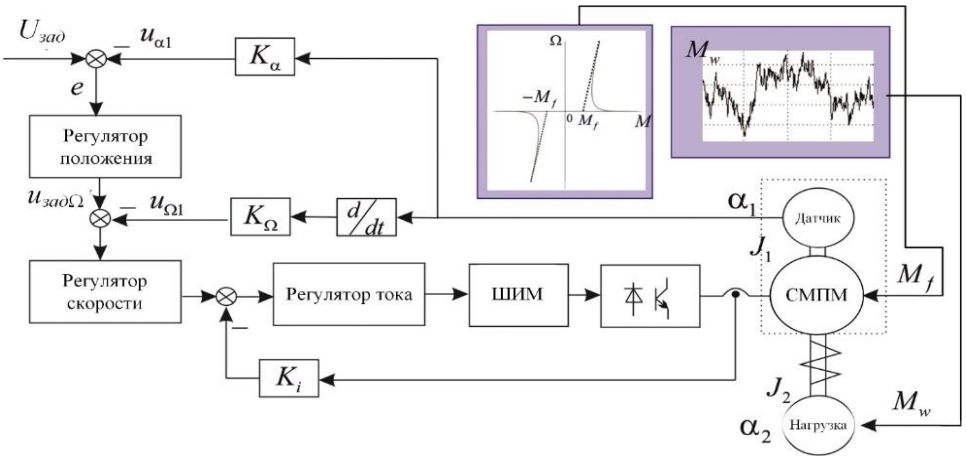


Рис. 1. Подчиненная система регулирования положением оси двухмассового электромеханического стенда

Синтез системы управления производится исходя из обеспечения полосы пропускания Ω_{R0}, где

$$\Omega_{R0} < \frac{\Omega_R}{\sqrt[4]{\gamma^3}}, \quad \Omega_R = \sqrt{\frac{c_{12}(J_1+J_2)}{J_1 J_2}} \tag{2}$$

частота механического резонанса двухмассовой нагрузки и

$$\gamma = \frac{J_1+J_2}{J_1} \tag{3}$$

коэффициент соотношения масс [5].

При настройке контуров системы управления с помощью ПИД-регуляторов в системе возникают автоколебания связанные с наличием нелинейного момента сухого трения и интегратора в канале регулирования угла. Для устранения колебаний

предлагается использовать три различных типа позиционных регуляторов на основе нечеткой логики.

Системы с нечеткой логикой. В ходе работы синтезировано 3 регулятора положения на основе нечеткой логики:

- нечеткий регулятор (НР);
- нейро-нечеткий регулятор (ННР);
- адаптивный ПИ-регулятор (АР).

Структура нечеткого и нейро-нечеткого регулятора не отличаются по своему функционалу и по структуре соответствуют (рис. 2).

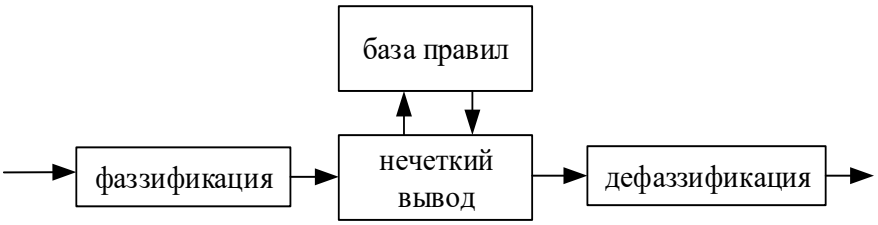


Рис. 2. Базовый блок нечеткой логики

Функции блоков:

- фаззификация – преобразование точных величин к нечеткой интерпретации;
- нечеткий вывод – процесс принятия решения о величине выходного сигнала, в соответствии с базой правил;
- дефаззификация – обратное преобразование сигнала к единственному значению выхода.

Для каждого из регуляторов была синтезирована база правил аналогичная представленной в таблице 2, где U_y – сигнал управления, e – сигнал ошибки, de – сигнал скорости изменения ошибки.

Таблица 2

База правил нечеткого регулятора

Сигнал	U_y						
de / e	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z	Z
NM	NB	NB	NM	NS	Z	Z	PS
NS	NB	NM	NS	Z	Z	PS	PM
Z	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	Z	PS	PM	PB
PM	NS	Z	Z	PS	PM	PB	PB
PB	Z	Z	PS	PM	PB	PB	PB

В структуру нечеткого регулятора входило 7 функций принадлежности для каждого входа и выхода. Таким образом, количество правил (1):

$$n_{rules} = N_{funcE} N_{funcdE} = 49 \quad (4)$$

где n_{rules} – число правил, N_{funcE} – число ФП для ошибки, N_{funcdE} – число ФП для производной ошибки.

Исследования показали, что нечеткий блок можно представить в виде пятислойной нейронной сети прямого распространения, что позволяет использовать алгоритмы обучения нейронных сетей для настройки нечетких регуляторов. Такие алгоритмы носят название ANFIS (artificial neural fuzzy inference system). Использование ANFIS позволило сократить базу правил с размерности 7x7 до размерности 5x5. На практике такая оптимизация позволит значительно снизить нагрузку на контроллер.

Адаптивный регулятор на базе алгоритмов нечеткой логики представляет собой структуру, в которой нечеткая логика является алгоритмом подстройки коэффициентов линейного ПИ-регулятора. В данном случае используется оптимизация только интегрального коэффициента, так как именно он вызывает проблемы в работе системы управления.

Результаты моделирования. В работе исследовалось поведение позиционной системы на базе двухмассового объекта в режимах слежения и перенаведения, которые характерны для следящих систем. Результаты моделирования описанных режимов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты СКО при наличии ветрового момента

Режим	Момент инерции	Система управления	СКО, угл/с
Слежение $a = 5^{\text{град}}/_{\text{с}^2}$, $\Omega_{in} = 0.05^{\text{град}}/_{\text{с}}$	J_2	НР	0,1847
		АР	0,2329
		ННР	0,234
Перенаведение $a = 5^{\text{град}}/_{\text{с}^2}$, $\Omega_{in} = 5^{\text{град}}/_{\text{с}}$	J_2	НР	22,1367
		АР	0,0179
		ННР	0,4441
Слежение $a = 5^{\text{град}}/_{\text{с}^2}$, $\Omega_{in} = 0.05^{\text{град}}/_{\text{с}}$	$5J_2$	НР	0,9518
		АР	2,9007
		ННР	1,0995
Перенаведение $a = 5^{\text{град}}/_{\text{с}^2}$, $\Omega_{in} = 5^{\text{град}}/_{\text{с}}$	$5J_2$	НР	28,8136
		АР	0,946
		ННР	3,2909

Для таких систем также характерно наличие ветрового воздействия, которое моделировалось в системе сигналом, спектр частот которого соответствовал спектру экспериментально измеренного ветрового момента. Кроме того, исследовалась устойчивость системы управления к параметрическим возмущениям (робастность), учитывающиеся в системе пятикратным изменением момента инерции второй массы.

Результаты показали, что все системы на базе нечеткой логике обладают среднеквадратическим отклонением на уровне единиц угловых секунд. Оптимальным среди всех режимов признан адаптивный регулятор. Наихудшие результаты показал нечеткий регулятор в режиме перенаведения, что говорит о том, что их нельзя использовать в условиях широкого диапазона работы: от инфранизких скоростей в режимах слежения до максимальных в режиме перенаведения. Автоколебания во всех

системах отсутствуют во всех режимах работы.

Анализ робастности показал, что системы с нейро-нечетким и с адаптивным регуляторами справляются с параметрическим возмущением и СКО остается на уровне единиц угловых секунд, а вот система с нечетким регулятором значительно дольше отрабатывает задание в режиме перенаведения и СКО также остается на уровне десятков угловых секунд.

Заключение

В работе рассмотрены системы на базе нечеткой логике. Показано, что такие системы можно применять в прецизионных электроприводах следящих систем, работающих в широком диапазоне скоростей и в условиях наличия нелинейностей типа сухого трения. Отмечено, что все системы позволяют устранить автоколебания, обеспечивают СКО на уровне единиц угловых секунд, однако использование нечеткого регулятора без оптимизации нейронной сетью значительно ограничивает рабочий диапазон системы.

Литература

1. Kuzin A.Y., Lukichev D.V., Demidova G.L., Aleksandr S.V. Application of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Controller in Servodrive with Multi-Mass Object // Electric Drives: Optimization in Control of Electric Drives (IWED), 2018 25th International Workshop on – 2018, pp. 1-6.
2. Демидова Г.Л., Кузин А.Ю., Лукичев Д.В. Особенности применения нечетких регуляторов на примере управления скоростью вращения электродвигателя постоянного тока // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики – 2016. – Т. 16. – № 5(105). – С. 872–878.
3. Цветкова М. Х. Методики и средства идентификации и автоматизации настройки систем управления электроприводами комплексов высокоточных наблюдений: Дис. … канд. техн. наук. Санкт-Петербург – 2015.
4. Толмачев В.А., Д.А. Субботин. Синтез системы управления электропривода оси сканирования инфракрасного телескопа // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2011. Т. 11, № 5. С. 53–58.
5. Толмачев В.А. Синтез следящего электропривода оси опорно-поворотного устройства // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 6. – С. 68–72.



Леонтьева Валентина Сергеевна
Год рождения: 1992
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра технологического предпринимательства
и управления инновациями,
группа № U4270
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: Valya.leontyeva@yandex.ru

УДК 338.28

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР

В.С. Леонтьева
Научный руководитель – к.э.н. Л.В. Силакова

Работа выполнена в рамках НИР №615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития»

Развитие нанотехнологий во всем мире признанно перспективным направлением, однако в настоящее время в России число используемых зарубежных технологий значительно превышает число отечественных [1]. Одна из причин данной проблемы – существующие модели коммерциализации не способны учитывать специфику продвижения и выведения технологических разработок конкретных областей на рынок России. Поэтому формирование модели коммерциализации технологической разработки в современных условиях в России представляется необходимым для снижения уровня рисков и затрат ресурсов на этапах продвижения разработки на рынок.

Цель работы является формирование модели коммерциализации технологической разработки в области новых материалов на основе наноструктур. Объектом исследования выступила технологическая разработка в области новых материалов на основе наноструктур. В работе были использованы методы анализа, синтеза, метод экспертных опросов, моделирование.

Для достижения заявленной цели были поставлены следующие задачи:

1. провести анализ инструментария оценки коммерческого потенциала технологических разработок;
2. провести патентный, маркетинговый анализ и оценить коммерческий потенциал технологической разработки на примере нового материала для очищения воздуха;
3. разработать бизнес-план и оценить эффективность вывода на рынок разработки;
4. разработать алгоритм и модель коммерциализации разработки на примере исследуемого материала.

Существующие методы оценки коммерческого потенциала технологических проектов ориентированы на широкий спектр разработок, однако не все они учитывают специфику разработок в области новых материалов при реализации в стартапе с высокими рисками [2]. Поэтому нами была осуществлена выработка методов оценки, соответствующих условиям реализации объекта исследования.

Существует огромное количество подходов и методик определения коммерческого потенциала проектов, на самых разных стадиях [3]. На основе анализа инструментария оценки коммерциализации технологических разработок было выделены основные:

1. технологический маркетинг;
2. GAP-анализ;
3. SWOT-анализ;
4. технологический аудит (методика LIFT);
5. методология оценки перспектив коммерциализации TAME TM (Technology And Market Evaluation);
6. экспертный анализ с применением метода компании RexLexNova.

В рамках работы были апробированы несколько методов на примере изобретения «Композитный полимерный материал на основе стирол-бутадиен-стирольных сополимеров с углеродными наночастицами для биомедицинских применений». Данный материал обладает обеззараживающими свойствами и может применяться для дезинфекции любых поверхностей и воздуха.

Для оценки потенциала коммерциализации данной разработки были проведены внутренние и внешние оценки, осуществлено патентное исследование для выявления ценности и уникальности разработки. Проведен маркетинговый анализ, позволивший выявить форму коммерциализации разработки. На основе реализации данных этапов была проведена оценка затрат на производство продукта, проведен опрос целевой аудитории и спрогнозированы доходы, а также составлен бизнес-план вывода на рынок продукта.

Проведенный на базе Федерального института промышленной собственности (ФИПС) патентный анализ показал патентную чистоту разработки. Было проанализировано более 20 потенциальных аналоговых разработки, обладающих схожими свойствами, однако ни одна не обладала спектром преимуществ исследуемого материала.

Специфика разработки состоит в инновационном процессе обеззараживания воздуха. Анализ конкурентов показал, что в настоящее время в основном используют два метода обеззараживания воздуха: УФ-излучение и инактивация микроорганизмов. В табл. 1 приведена характеристика конкурентов.

Таблица 1

Характеристики конкурирующих производств

Способ	Характеристика	Производители	Цена за установку, р.	Недостатки
УФ- излучение	Устройство основано на пропускании электрического тока через разреженный газ. Спектр бактерицидного излучения колеблется в области 215-315 нм.	ОАО «Лисма-ВНИИИС» (Саранск), НПО «ЛИТ» (Москва), ОАО СКБ «Ксенон» (Зеленоград), ООО «ВНИСИ» (Москва)	От 1500	Большинство бактерий и вирусов уже адаптировались к УФ-излучению

Способ	Характеристика	Производители	Цена за установку, р.	Недостатки
Инактивация микроорганизмов	С помощью выработки озона в бактерицидных установках происходит дезактивация организмов.	«КлимВент».	30000	Дороговизна, недостаточная эффективность, дорогостоящая замена блоков
Композитный полимерный материал на основе SBS с углеродными наночастицами для биомедицинских применений	В основе фотодинамической инактивации лежат реакции фото-сенсибилизированного окисления органических соединений активными формами кислорода	–	От 23000	Дороговизна

На основе результатов анализа были выявлены 3 формы коммерциализации исследуемой разработки:

1. объект интеллектуальной собственности (изобретение);
2. фильтры для дезинфекции воздуха;
3. чехлы для мобильных телефонов с обеззараживающей поверхностью.

Очищение и дезинфицирование воздуха – это сложные комплексные системы, требующие больших вложений. В связи с нестабильной экономической ситуацией РФ производство вентиляционных систем будет высокорисковым мероприятием. Проведение маркетингового анализа позволило нам выявить конечный продукт – изготовление чехлов/пленок/накладок на телефоны.

Далее мы провели оценку потенциала коммерциализации технологической разработки в форме продукта экспертным методом (анкета разработчиков), используя методику, используемую международной компанией «RexLexNova» (табл. 2). Экспертом выступил генеральный директор Константин Окунев.

Результат оценки и заключения техноброкера позволил сделать вывод о высоком потенциале разработки при условии договороспособности команды и наличии зарегистрированного объекта интеллектуальной собственности.

Вторая экспертная оценка разработки с точки зрения научной и практической ценности, проведенная доктором ф.-м. наук, профессорос, доцентом кафедры ОТиМ Университета ИТМО Сидоровым А.И., показала ее высокий потенциал и необходимость регистрации прав из-за простоты в производстве.

Была сформирована бизнес-модель Business Canvas Model. Определен целевой потребитель – люди, живущие в мегаполисе и беспокоящиеся о гигиене и родители, желающие защитить детей от заражений, а также ценностное предложение – обеззараживание самой частоиспользуемой вещи (телефона).

Таблица 2

Анкета для экспертной оценки потенциала коммерциализации технологической разработки от компании RexLexNova

<table>
<tr><td rowspan="5">Лого проекта
Нет</td><td>Поваров Святослав Андреевич
saintsmolensk@gmail.com</td></tr>
<tr><td>Описание инновационного решения:
В получаемом материале внутрь эластичной матрицы полибутадиена внедряются наночастицы С60. При этом электронная структура С60 не претерпевает разительных изменений, и сохраняет способность генерировать синглетный кислород, являющийся эффективным агентом инактивации вирусов, бактерий, простейших, а также некоторых газов. При этом получившийся материал является твердым композитом и легко подвергается механической обработке, что способствует удобству применения в различных приборах для обеззараживания воздуха в качестве агента генерации активного кислорода.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Правообладатели: Поваров С.А. (регистрация прав на РИД планируется летом 2018 г.)</td><td>Основная проблема/предлагаемые решения:
Технология самодезинфицирующегося, без использования дополнительных химикатов или электричества, материала в перспективе может создать целый ряд продуктов ориентированных на бытовое и биомедицинское применение вещей и приборов, где необходимы обеззараживаемые поверхности. В качестве массового продукта это могут быть защитные пленки/накладки/чехлы для смартфонов.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">История: Сейчас на рынке необходимы новые обеззараживаемые поверхности, поэтому мы считаем целесообразным попробовать воплотить стратегию продвижения данной разработки.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Рынки: B2B - чехлы, накладки, защитные стекла на смартфоны; встраиваемые системы обеззараживания воздуха в вентиляцию помещений,</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Запрос: чехлы, накладки, защитные стекла на смартфоны с обеззараживающим свойством</td><td>Стратегия продвижения: Патент – продажа патента либо лицензий; продвижение разработки самостоятельно с выбранным конечным продуктом – чехлами, накладками, защитными пленками для смартфонов.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Конкурентные преимущества: чистота изобретения, дешевизна, отсутствие похожих аналогов.</td></tr>
<tr><td>Фото изделия
</td><td>Комментарии: Разработанную технологию, а именно материал, нам бы хотелось видеть в первую очередь в максимально приближенных к простому потребителю вещах. Время создания прибыли с опорой исключительно на крупный бизнес или госзакупки оборудования уходит в лету, сейчас двигателем роста является "сарафанное радио" и грамотный маркетинг, и мы желаем сделать упор на это.</td></tr>
</table>

Источник: составлено автором по методике [4]

Анализ рынка и оценка барьеров выхода на рынок показал: 1) Рынок чехлов для телефонов в России в 2017 г. составил 200 млн долл. Конкурентов и аналогов товара нет. Ориентация на рынок Санкт-Петербурга и Москвы из-за выгоды в логистике и возможности реализовать большие объемы продукции. 2) Расчет прямых (материалы) и накладных затрат представлен в табл. 3.

Таблица 3

Затраты на производство чехлов для телефонов

Категория	Наименование	Стоимость
Материалы	Стирол-бутадиенстирольный сополимер Фуллерен С60 99% Толуол Заготовка чехла Упаковка	678 руб./кг 543 руб./г 787 руб./10л. 62 руб./ед. 15 руб.
Итого:		110 руб./ед
Оборудование	Сушильный шкаф-термостат Магнитная мешалка Весы для реактивов Хим.посуда, пипетки, перчатки, и пр.	30 000 руб. 3 500 руб. 50 000 руб. 25 000 руб.
Помещение	Требования к помещению должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005, 12.1.016 и СанПиН № 2.2.4.548-96, а также: ГОСТ 12.1.005.	50 000 руб./мес (включая к/у)
Маркетинг	Наружная и внутренняя реклама (билборды), product placement, ambient advertising, интернет-реклама (контекстная, баннерная, тизерная, таргетинговая реклама, и пр.)	50 000 руб./мес
Налоговые ИП ОКВД 18.24, УСН	Налоговая ставка Страховые взносы Расчетный счет (обслуживание)	6% 32 385 руб./год за человека 1000 руб./мес.

Таким образом, оценка затрат позволила заключить, что при реализации чехлов торговым сетям по 900 руб. за ед. изделия, точка безубыточности составит 146 чехлов в месяц. Продажа еще 141 чехла окупит инвестиции в оборудование. Иными словами, продажа 287 чехлов полностью окупит инвестиции.

Для определения цены чехла мы провели опрос более 200 человек, результаты которого позволили определить уровень цены в диапазоне 600 – 1000 руб., что значительно отличается от аналогов без данного свойства. Таким образом, изобретение является конкурентоспособным, потому как не требует больших издержек, а материал является высокоэффективным.

На основе проведенного анализа литературы, аналитических и статистических данных, мы предложили алгоритм коммерциализации технологической разработки (табл. 4).

Особенность модели коммерциализации технологической разработки в области новых материалов на основе наноструктур заключается в акценте на необходимость взаимодействия людей многих компетенций на каждом этапе алгоритма и необходимость определения формы защиты прав на РИД (рис. 1).

Таблица 4

Алгоритм коммерциализации технологической разработки

№ этапа	Этап коммерциализации технологической разработки
1	Предварительная оценка коммерческого потенциала разработки (анкетирование экспертов, использование одного или нескольких методик оценки потенциала коммерциализации) (участвуют разработчики и эксперты/техноброкеры)
2	Патентный анализ (разработчики принимают решения о необходимости регистрации ОИС)
3	Маркетинговый анализ (команда разработчиков и менеджеров определяет создаваемый продукт, проведение анализа рынка, поиск ниши, анализ аналогов)
4	Составление бизнес-плана производства и реализации продукта (участвуют разработчики и привлекаемые эксперты, менеджеры)
5	Поиск инвесторов (заключение соглашений), (участвуют разработчики и привлекаемые эксперты)
6	Поиск рынка сбыта / клиентов (участвуют привлекаемые эксперты, маркетологи)
7	Поиск ресурсов для производства (производственные мощности, человеческие ресурсы и пр.) (участвуют разработчики, привлекаемые эксперты и менеджеры)
8	Проведение переговоров и принятие решений (участвуют разработчики, привлекаемые эксперты и заказчики/заинтересованные стороны)
9	Заключение сделок (участвуют разработчики, эксперты и заказчики/заинтересованные стороны)
10	Вывод на рынок – производство, размещение и распределение и первые продажи (участвуют разработчики, привлекаемые эксперты и заказчики/заинтересованные стороны)

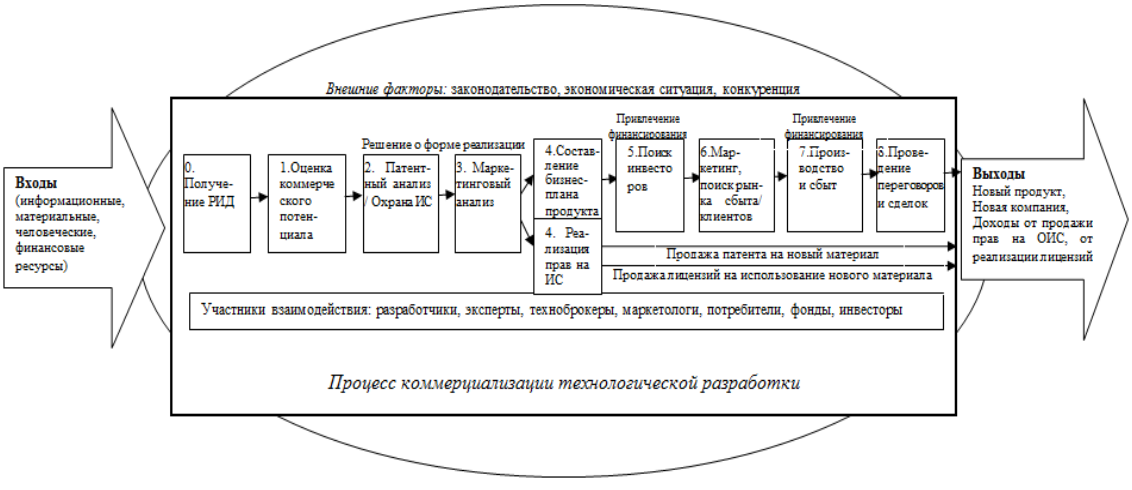


Рис. 1. Модель коммерциализации технологической разработки

Таким образом, в работе сформирована модель коммерциализации технологической разработки, отражающая этапы вывода инновации на рынок. Исследование показало большие перспективы продвижения разработки в области новых материалов на рынок. Бизнес-план вывода на рынок исследуемой разработки планируется к реализации после регистрации ОИС в конце этого года.

Совокупность предложенных рекомендаций по продвижению технологических разработок на рынок, сделанные на примере разработки нового материала для очищения воздуха, могут быть использованы в практической деятельности ученых, предпринимателей и техноброкеров.

Литература

1. Яроцкая, Е. В. Проблемы и специфика коммерциализации инноваций в России на современном этапе развития / Е. В. Яроцкая, Е. П. Криворучко // Вестник ТГПУ№2, 2013г. – 191с.
2. Олейник, О.С., Латиган, Е.В. Формирование информации о нанотехнологических процессах // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2015. – № 1. – С. 79-90.
3. Кокцинская, Е.М. «Умные» материалы и их применение (обзор)/ Кокцинская Е.М. // Видеонаука – 2016. – №. 1 (1). – с. 3-19.
4. Официальный сайт компании «Rexlexnova». – режим доступа: http://www.rexlexnova.ru



Литуненко Елизавета Геннадьевна
Год рождения: 1996
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № Р4230
Направление подготовки: 24.04.02 – Системы управления движением и навигация
e-mail: lisa.litunenko@gmail.com

УДК 681.2.084

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕХОСНОГО МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

Е.Г. Литуненко
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Д. Аксененко

Введение. В настоящее время микроэлектромеханические системы (МЭМС) являются перспективной и динамично развивающейся областью приборостроения, ведь МЭМС датчики имеют множество преимуществ, основными из которых являются небольшие габаритные размеры и низкая стоимость. Поэтому такие датчики имеют широкую область применения: от бытовой до промышленной [1].

Ряд зарубежных компаний, таких как STMicroelectronics, Sensonor и др. массово производят датчики, отвечающие высоким требованиям потребителя, в том числе и трехосные микромеханические гироскопы (ММГ). Эти ММГ по принципу построения можно разделить на датчики с одним трехосным чувствительным элементом (ЧЭ) и датчики с несколькими ЧЭ.

В России также активно ведутся исследования и разработки в области МЭМС. В Санкт-Петербурге работы в этой области ведет АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». На предприятии разработан одноосный микромеханический гироскоп, характеристики которого являются конкурентоспособными в сравнении с зарубежными аналогами [2]. Поэтому для расширения типоряда продукции актуальной является задача разработки многоосных ММГ.

Целью настоящей работы является разработка конструкции трехосного микромеханического гироскопа. При проектировании поставлена задача проработки технических решений для создания датчика и освоения его в производстве в кратчайшие сроки. Для этого необходимо максимально использовать имеющийся задел в виде чувствительных элементов (ЧЭ) ММГ и интегральных схем (ИС) управления ММГ.

В рамках предлагаемой работы поставлены следующие задачи:

1 Проработка вариантов построения трехосного ММГ на основе имеющегося в АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» задела.
2 Разработка конструкции трехосного датчика.
3 Исследование и доработка конструкции.
4 Разработка технологического маршрута сборки трехосного ММГ.
5 Разработка конструкторской документации.

Обоснование компоновки трехосного ММГ. Для проработки выбран вариант построения трехосного ММГ в виде микромодуля, в который устанавливаются три чувствительных элемента и три интегральные схемы. Два исполнения этой конструкции – квадратной и прямоугольной формы – показаны на (рис 1). Отличием этих исполнений является то, что оси чувствительных элементов в прямоугольном корпусе образуют трехгранник, что обеспечивает стабильность характеристик [3].

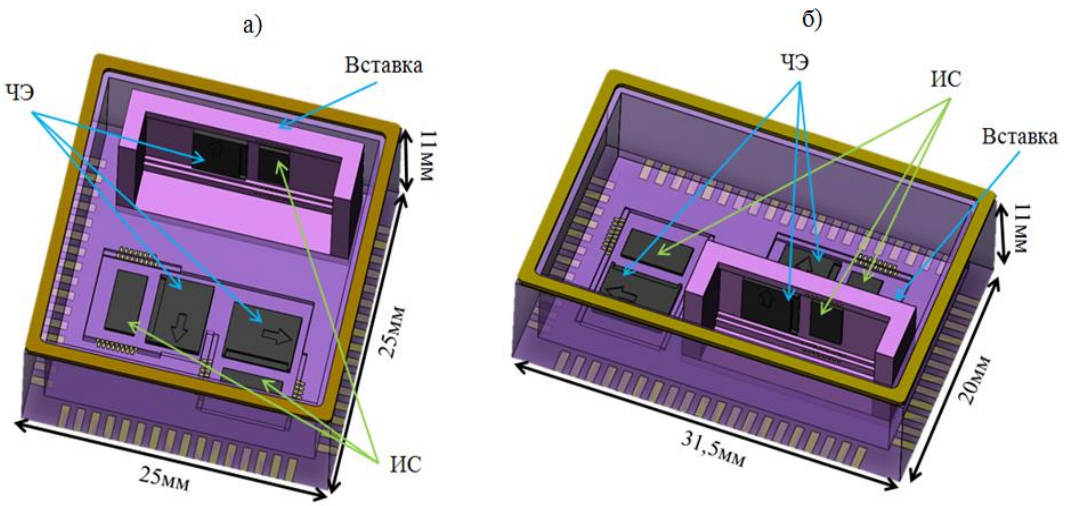


Рис. 1. Трехосный ММГ в виде микромодуля а) квадратной формы;
б) прямоугольной формы (крышка не показана)

Микромодуль состоит из основного корпуса, в который устанавливаются два чувствительных элемента, интегральные схемы управления к ним и вставка. На вставку устанавливается третий ЧЭ и ИС, таким образом, чтобы его измерительная ось была направлена перпендикулярно основанию микромодуля.

Необходимость использования вставки обусловлена особенностями технологического процесса сборки подобных систем, в частности – невозможностью монтажа и последующей ультразвуковой микросварки элементов на вертикальную поверхность.

Анализ конструкции трехосного ММГ. Для проверки предлагаемых конструкций ММГ на соответствие сформированным требованиям проведен анализ методом конечных элементов.

При моделировании материалом корпуса и вставки выбрана высокотемпературная керамика, а для крышки используются два различных материала: ковар (сплав никеля, кобальта и железа) и керамика, аналогичная материалу корпуса.

На начальном этапе исследования проведен анализ сходимости сетки конечных элементов с использованием параметрического расчета и показано, что оптимальным будет являться размер элемента сетки 700 мкм. При таком значении затрачивается минимальное количество вычислительных ресурсов при обеспечении достаточной точности.

Для анализа конструкции на соответствие сформированным требованиям проведены следующие виды исследований: модальный анализ, моделирование ударного воздействия (transient analysis), моделирование линейного ускорения, моделирование теплового воздействия.

1) Модальный анализ служит для определения резонансных частот конструкции и форм (мод) колебаний при возникновении резонанса. Задачей модального анализа в настоящей работе является определение соответствия конструкции требованию по устойчивости к акустическим воздействиям – собственная частота > 20 кГц. Расчет проведен для трех случаев: без крышки, с коваровой крышкой стандартной толщины 300 мкм, с керамической крышкой толщиной 300 мкм. Исследование показало, что корпуса микромодулей удовлетворяют требованию и имеют собственную частоту порядка 22 кГц, однако крышка имеет значительно меньшую частоту (4–9 кГц) и уменьшает резонансную частоту всей конструкции. Для определения толщины крышки, при которой конструкция будет удовлетворять требованиям, проведен

параметрический расчет. В результате исследования показано, что необходимо использовать керамические крышки толщиной 680 мкм для прямоугольного корпуса и 810 мкм для квадратного.

2) Моделирование ударного воздействия. Согласно ГОСТ 18725-83 корпус должен выдерживать ударное воздействие одиночного действия с пиковым ударным ускорением 1500 м/с^2 или 150 g и длительностью 0,1-2 мс и многократное ударное воздействие с пиковым ускорением 1500 м/с^2 или 150 g и длительностью 1-5 мс. Полученные в результате исследования перемещения, возникающие в корпусе при ударе, не превышают 0,15 мкм, что позволяет сделать вывод о том, что конструкция устойчива к таким воздействиям. Также можно отметить, возникающие этого деформации не накапливаются.
3) Моделирование линейного ускорения проведено для ускорений 5000 м/с^2, 10000 м/с^2, 20000 м/с^2, направленных по осям X, Y, Z. В качестве оцениваемого параметра выбрано отклонение оси чувствительного элемента от начального положения, по значению которого вычислено изменение масштабного коэффициента (МК). В качестве порогового значения взят предел повторяемости МК в рабочем диапазоне температур, который согласно техническим условиям на изделие ММГ-ЭП1 составляет 2,5 %.

Оценка смещения оси проводилась по следующей методике: на площадках корпуса, предназначенных для монтажа ЧЭ, расставлены маркеры перемещений в области центра ротора ММГ и в области края ЧЭ. По рассчитанным перемещениям вычислены углы смещения оси.

Принцип расчета смещения оси показан на рисунке 2а, он заключается в следующем: в начальном положении маркеры 1 и 2 расположены в горизонтальной плоскости, которую можно принять за начало отсчета, на расстоянии a (2,83 мм) друг от друга. После деформирования поверхности в результате воздействия внешних факторов, оба маркера смещаются на расстояния $d1$ и $d2$ и занимают позиции 1’ и 2’. В таком случае можно вычислить угол наклона измерительной оси φ следующим образом:

$$\varphi = arctg\left(\frac{d2-d1}{a}\right) \quad (1)$$

Расчет изменения масштабного коэффициента производится исходя из полученного значения угла смещения. Принцип расчета заключается в следующем: при действии на датчик угловой скорости Ω_1 величиной 450 ˚/с (рис. 2б), масштабный коэффициент составляет 1, при отклонении оси на угол φ, измеряемая скорость будет вычислена по формуле:

$$\Omega_2 = \frac{\Omega_1}{cos\,\varphi} \quad (2)$$

а изменение масштабного коэффициента может быть вычислено следующим образом:

$$\Delta MK = \frac{\Omega_2-\Omega_1}{\Omega_2}\cdot 100\% \quad (3)$$

Значения изменения масштабного коэффициента, вызванные деформациями корпуса при действии внешних ускорений не превышают 1,27 ppm для прямоугольного корпуса и 1,32 ppm для квадратного, следовательно, конструкция является устойчивой к таким воздействиям.

Моделирование температурных воздействий. Исследование проведено на заданных ГОСТом температурах – 60˚С и +85˚С [4].

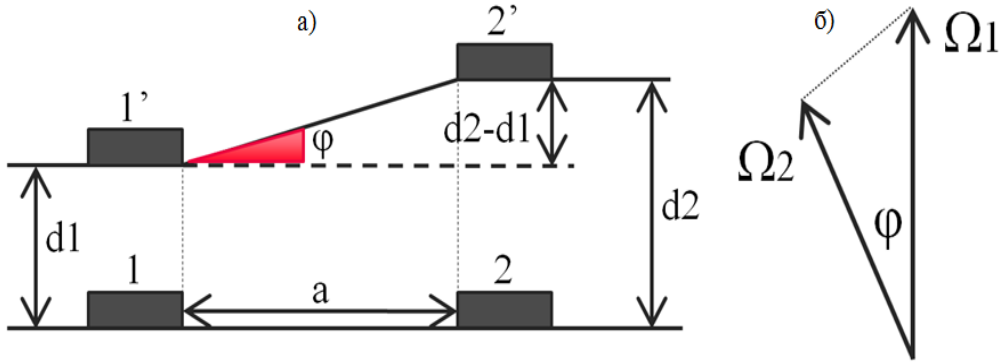


Рис. 2. Принцип расчета угла смещения оси ЧЭ (а) и изменения МК (б)

При смещениях оси, полученных в результате моделирования, изменение масштабного коэффициента не превышает 34,8 ppm для прямоугольного корпуса и 49,3 ppm для квадратного.

В результате проведенных исследований было произведено сравнение двух корпусов разной конфигурации. Оба корпуса имеют сходные характеристики. Однако квадратный корпус имеет некоторые преимущества, как например стандартная конфигурация, к которой проще подобрать оснастку и дополнительное оборудование, а также такой корпус имеет меньшее смещение осей ЧЭ в испытаниях на устойчивость к внешним линейным ускорениям и температурам. Поэтому при отсутствии специальных требований к форме, толщине крышки и расположению чувствительных элементов, для производства рекомендуется корпус квадратной формы.

Заключение

В результате работы разработана конструкция корпуса трехосного микромеханического гироскопа в виде микромодуля, позволяющая установить три чувствительных элемента ММГ разработки АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» таким образом, чтобы их измерительные оси были направлены ортогонально. Отличительной особенностью конструкции является наличие вставки, которая позволяет установить чувствительный элемент таким образом, чтобы его измерительная ось была направлена перпендикулярно плоскости монтажа микромодуля, с использованием стандартной технологии. Получено подтверждение производителя металлокерамических корпусов АО «НПП «СТАРТ» возможности изготовления таких корпусов.

Для анализа влияния внешних воздействий создана компьютерная модель для расчетов методом конечных элементов и методика исследования прочности и устойчивости положений измерительных осей чувствительных элементов, смонтированных в корпус чувствительных элементов к внешним воздействиям (удар, ускорение, температура). Показано, что конструкция удовлетворяет установленным требованиям.

Разработана технология сборки трехосного микромеханического гироскопа на базе разработанного корпуса, позволяющая изготавливать датчики на стандартном оборудовании.

Полученные результаты работы могут быть внедрены в производство в кратчайшие сроки, а также могут быть использованы при разработке трехосных датчиков с использованием трех чувствительных элементов с аналогичной направленностью измерительной оси.

Литература

1. Chris A. Ciufo MEMS Trends: Smaller, Cheaper, Everywhere http://eecatalog.com/sensors/2012/05/24/mems-trends-smaller-cheaper-everywhere/.
2. АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Санкт-Петербург, РФ, 2018. URL: http://www.elektropribor.spb.ru
3. R. D. Gerke, MEMS Packaging, Chapter 8, http://parts.jpl.nasa.gov/docs/JPL%20PUB%2099-1H.pdf
4. ГОСТ 18725-83. Микросхемы интегральные. Общие технические условия. Комитет стандартизации и метрологии СССР, Москва – 1985.



Петраневский Игорь Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра систем управления и информатики,
группа № Р4235
Направление подготовки: 15.04.06 – Мехатроника и робототехника
e-mail: igor.petranevsky@corp.ifmo.ru

УДК 681.5.015

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ

И.В. Петраневский
Научный руководитель – д.т.н., доцент А.А. Пыркин

Работа выполнена в рамках тем: НИР № 217748 «Разработка алгоритма бездатчикового силомоментного очувствления для манипуляционного робота»; НИР № 17809 «Методы адаптивного управления нелинейными системами с запаздыванием и неопределенностями».

Введение. Предмет исследования - реализация системы автономного управления роботом-манипулятором по моментам с применением средств компьютерного зрения, по данным которого будет определяться положение и ориентация объекта манипулирования. В исследовании используются пятизвенный робот на мобильной платформе с четырьмя всенаправленными колесами модели YouBot производства KUKA Roboter.

Система роботизированного зрения (visual servoing) совмещает в себе такие области, как обработка изображений, кинематический анализ роботов, динамика механики движения робота, теорию управления и вычисления в реальном времени [1].

Position-Based Visual Servoing (PBVS) [2] предоставляет возможность вычислять ошибку желаемого положения в трехмерном рабочем пространстве управления траекторией движения рабочего инструмента робота-манипулятора вдоль прямой линии в декартовом пространстве. PVBS разделяет задачи идентификации положения и построения основного контура управления роботом. Недостатками является необходимость достоверной априорной информации о геометрической модели робота и объектов манипулирования, а также чувствительность к ошибке калибровки камеры.

Image-Based Visual Servoing (IBVS) – управление, основанное на визуальном наблюдении, определяющее только направление относительного движения [3]. IBVS не требует как априорно известной 3D модели робота, так и ее восстановления в каждый момент времени. Точность позиционирования при этом робастна к ошибке моделирования и точности калибровки камеры. Основным недостатком метода является локальная асимптотическая устойчивость, где функция ошибки управления экспоненциально убывает. Так же недостатками является существование сингулярных конфигураций и локальных минимумов матрицы обработанного входного изображения, индуцированных из матрицы Якоби, что может привести к неустойчивости системы в целом.

Впервые в работе [4] был представлен гибридный метод, результат совмещения рассмотренных выше подходов с устранением большинства недостатков, которые не перестают совершенствоваться по сей день. Ввиду очевидных преимуществ перед историческими предшественниками, в работе использован именно гибридный метод.

Работа представляет развитие концепции, представленной исследовательским коллективом кафедры Систем Управления и Информатики Университета ИТМО [5], где транспортный робот предназначен для выполнения следующих трёх задач:

- автономная навигация внутри производственных помещений между робототехническими ячейками;
- обнаружение и распознавание относительного положения заготовок с помощью системы компьютерного зрения (реализована студентами кафедры СУиИ Университета ИТМО: Николаем Дема и Пачковским Константином;
- перемещение заготовки, ее ориентирование для подачи в робототехнические ячейки для дальнейшей обработки, погрузка и разгрузка материалов из транспортного прицепа мобильного робота.

Постановка задачи. Объект управления – многозвенная механическая система:

$$M(q)\ddot{q} + \boldsymbol{C}(q,\dot{q}) + \boldsymbol{G}(q) = \tau + \tau_{\ell} + \tau_{f}, \quad (1)$$

где $M(q)$ – матрица инерции размерности $(n \times n)$, $\boldsymbol{C}(q,\dot{q}) \in \mathbb{R}^n$– вектор кориолисовых я и центробежных сил, $\boldsymbol{G}(q) \in \mathbb{R}^n$– вектор гравитационных сил, $\tau \in \mathbb{R}^n$вектор моментов сил, вырабатываемых приводами, $\tau_{\ell} \in \mathbb{R}^n$ – вектор моментов сил, обусловленных нагрузкой, $\tau_f \in \mathbb{R}^n$ – вектор моментов сил, обусловленных действием сил трения.

Цель управления – обеспечение экспоненциальной устойчивости системы при слежении за заданной траекторией за конечное время:

$$\begin{array}{l} ||x(t) - x^*|| \le \rho||x(0) - x^*||e^{-\beta t}, \\ \left||y(t) - y^*|\right| \le \rho\left||y(0) - y^*|\right|e^{-\beta t}, \\ ||z(t) - z^*|| \le \rho||z(0) - z^*||e^{-\beta t}, \end{array} \quad (2)$$

где $f(x^*, y^*, z^*, t) -$ заданная траектория движения рабочего инструмента робота-манипулятора, $\rho, \beta \le 0$. Измерению доступны угол поворота q_i, момент развиваемый приводомτ_{ℓ}.

Синтез управления по моментам. Моменты действующие на каждое звено могут быть рассчитаны с помощью скоростей и обобщенных координат для каждого звена. Введем обратную связь для устранения неопределенностей модели, компенсации внешних возмущающих воздействий, тогда запишем закон управления:

$$\tau = M(q)(\ddot{q}_d - K_v\dot{e} - K_p e) + C(q,\dot{q})\dot{q}_d + И(q), \quad (3)$$

где $q_d -$ желаемые углы для каждого звена, $e = q - q_d -$ ошибка положения звена. Матрицы K_p и $K_v -$ состоят из коэффициентов пропорционального и дифференциального звена обратной связи для каждого канала соответственно. Подставляя уравнение (3) в (1), и т.к. M всегда строго положительна, получим:

$$\ddot{e} = K_v\dot{e} + K_p e = 0. \quad (4)$$

Исходя из полученного уравнения (4) учитывая, что K_p и K_v –положительные, симметричные, представленный закон управления (3) будет обеспечивать экспоненциальную устойчивость системы. Дальнейший анализ уравнения (3) приводит к разделению закона управления на две части: формирование сигнала задания τ_{ff} и формирование корректировок на основе данных обратной связи τ_{fb}:

$$\tau = \tau_{ff} + \tau_{fb}, \quad (5)$$

Где (6):

$$\tau_{ff} = M(q)\ddot{q}_d + C(q,\dot{q})\dot{q}_d + G(q), \quad \tau_{fb} = M(q)(-K_p e - K_v \dot{e}) \tag{6}$$

Практическая апробация. Для оценки качества разработанного алгоритма управления по моменту рассмотрим разные сценарии эксперимента:

1. робот неподвижен, схват располагается ровно над объектом, который необходимо захватить. Манипулятор опускается по прямой линии к объекту для захвата;
2. захват объекта в процессе движения мобильного робота с малой скоростью;
3. движение манипулятора по траектории, описывающей круг вблизи предельных положений звеньев манипулятора.

Для первого эксперимента траектория была сгенерирована с указанием максимальной линейной скорости движения рабочего инструмента $v_{max} = 0.05$ м/с и максимальным ускорением $\dot{v}_{max} = 0.5$ м/с^2. Время выполнения операции составило 1.7 с, что в 10 раз быстрее по сравнению с результатами выполнения аналогичной операции с использованием движения по точкам, описывающим заданную траекторию с шагом 1 мм. Учитывая важность скорости выполнения заданных траекторий роботом в динамическом управлении, и величину ошибки повторения заданной траектории не более 2-х мм, результат соответствует техническому заданию, т.к. подобная система может быть интерпретирована для работы в условиях, отличных от лабораторных. Абсолютная ошибка по осям Z,Y,X представлена на (рис. 1).

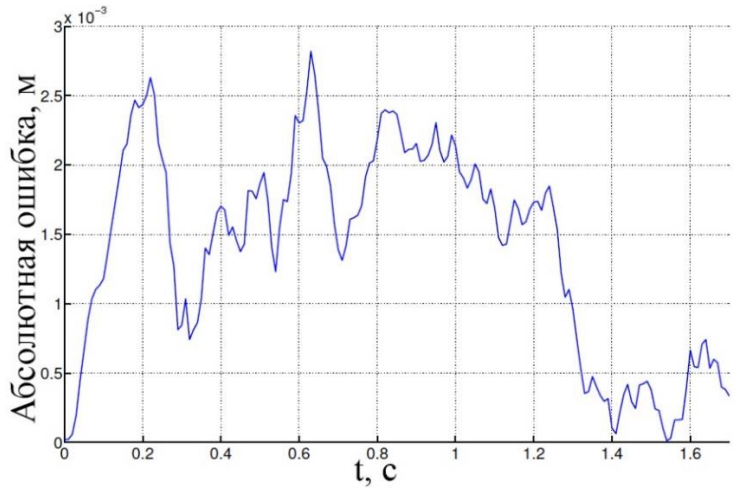


Рис. 1. Абсолютная ошибка для первого сценария практической апробации (двойная норма ошибок по осям Z,Y,X)

Во втором эксперименте, ограничения на максимальные скорости и ускорения аналогичны первому. При этом качество повторения заданной траектории не хуже, чем в первом эксперименте. Абсолютная ошибка о осям Z,Y,X (см. рис. 2) в пике достигает 4.2 мм, но среднее значение за время эксперимента не превышает 2.3 мм.

Абсолютная ошибка по осям Z,Y,Xдля третьего эксперимента в пике она достигает 4.2 мм, но среднее значение за время эксперимента не превышает 2.3 мм. В процессе выполнения первой половины заданной траектории, когда рабочий инструмент манипулятора опущен по оси Z, точность выполнения задания высокая. При подъеме вверх, ошибка возрастает из-за механических ограничений, обусловленных конструкцией манипулятора (рис. 3).

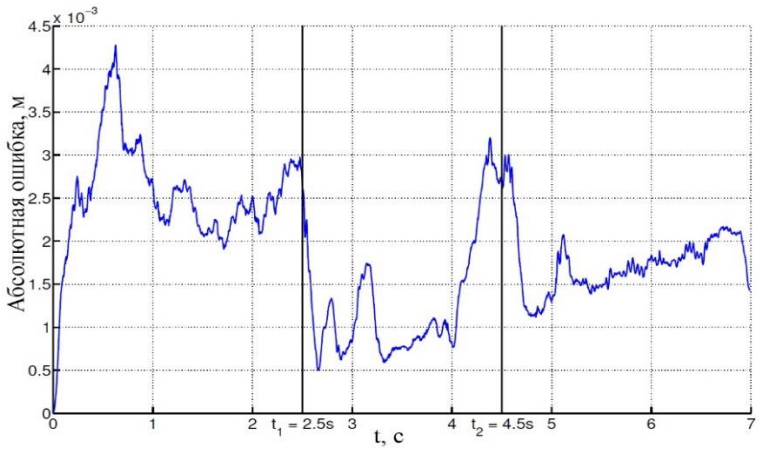


Рис. 2. Абсолютная ошибка для первого сценария практической апробации

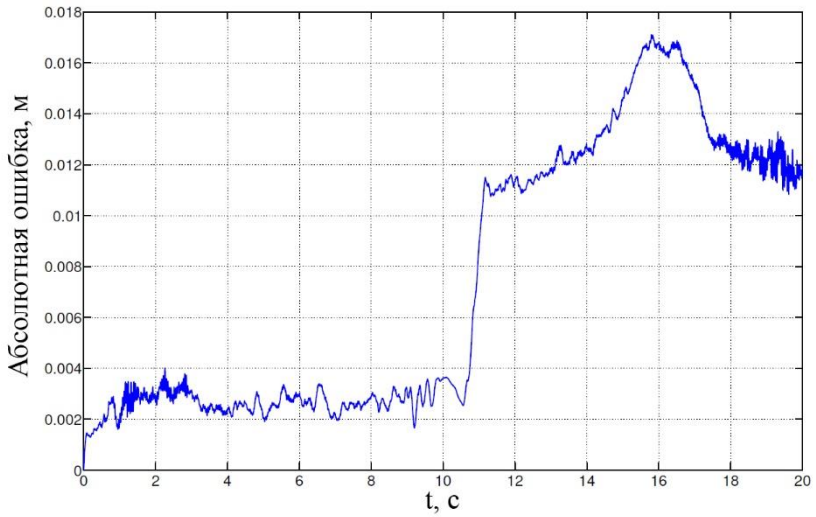


Рис. 3. Абсолютная ошибка для первого сценария практической апробации

Основной результат. Результатом работы является сформулированная систематическая методология, позволяющая получить полную кинематическую модель мобильного манипулятора KUKA youBot для синтеза управления по моментам. Получены следующие результаты:

- проведено сингулярное разложение матрицы Якоби, выделена важность данного процесса в робототехнике. Представлено описание дифференциальной кинематики - величина изменения матрицы Якоби и её обратная функция (как функция изменения обобщенных координат для каждого звена манипулятора);
- представлен способ определения близости матрицы Якоби к неполному рангу через сингулярные и минимальные значения обобщенных координат в виде матрицы возмущений, приводящей к неполному рангу матрицы Якоби;
- выведены критерии, которые определяют существование, правильность и число решений обратной задачи кинематики для плоского манипулятора;
- произведена настройка ПИД регуляторов манипулятора;
- синтезировано управление по моменту для манипулятора;
- проведена серия экспериментов для оценки качественных показателей разработанного алгоритма управления;
- представлен анализ результатов экспериментальной апробации.

Планы дальнейшей работы. Запланировано полученные результаты внедрить в современное высокотехнологическое производство фабрики компании Arrival по сборке электрических фургонов T4 в Банбери, Англия.

Литература

1. (Ed.) K. Hashimoto. Visual Servoing – RealTime Control of Robot Manipulators Based on Visual Sensory Feedback. – World Scientific, Singapore, 1993.
2. JanabiSharifi L. Deng F., Wilson W. Stability and robustness of visual servoing methods // IEEE International Conference on Robotics and Automation. – 2002. – Vol. 2, no. 2. – P. 1604-1609.
3. Chaumette F. Potential problems of stability and convergence in imagebased and positionbased visual servoing // The confluence of vision and control. Lecture Notes in Control and Information Sciences, vol 237. – 1998. – P. 66-78.
4. E. Malis, F. Chaumette, and S. Boudet. 2D visual servoing // IEEE Transactions on Robotics and Automation. – 1999. – Vol. 5, no. 2. – P. 238-250.
5. Borisov O.I., Gromov V.S., Kolyubin S.A., Pyrkin A.A., Dema N.Y., Salikhov V.I., Petranevsky I.V., Klyunin A.O., Shavetov S.V., Bobtsov A.A. Case Study on Human-Free Water Heaters Production for Industry 4.0 // ICPS 2018 – 2018, pp. 1-6.



Помогаева Анна Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра управления транспортными системами,
группа № U4275
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика

УДК 045

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

А.В. Помогаева
Научный руководитель – д.э.н., профессор Е.В. Будрина

Работа выполнена по теме, заданной конкурсом на соискание премий Правительства Санкт-Петербурга за выполнение дипломных проектов по заданию исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга в 2017/2018 учебном году.

В крупных городах население вынуждено тратить значительное количество времени на перемещения. С развитием города повышаются требования к комфортности пассажирских перевозок. Одним из ключевых параметров комфортности является удобство оплаты проезда. Со временем меняются тарифы, а также технологии оплаты проезда.

В настоящее время широкое распространение получили электронные проездные билеты, основанные на радиочастотной идентификации (RFID). При помощи электронных проездных билетов, основанных на технологии RFID оплачивается 78% всех покупок билетов в Санкт-Петербурге. Однако в развитых странах процент безналичной оплаты проезда составляет 98%. Переход на безналичную оплату имеет ряд преимуществ: быстрота и комфортность оплаты проезда, отслеживание платежей, снижение увода денежных средств сотрудниками, прозрачность доходов транспортных предприятий, возможность сбора статистических данных по пассажиропотоку и пассажирообороту на конкретных маршрутах [4].

При оплате электронным проездным билетом пассажиру не надо тратить время на поиск нужной суммы денег для покупки билета, оплата проезда составляет считанные секунды, что позволяет снизить время заполняемости салона транспортного средства, а также уменьшить уровень дискомфорта в часы- пик.

В настоящее время развиваются виды платежей с помощью технологии NFC (near-field communication). Технология недостаточно быстродейственна по сравнению с технологиями Bluetooth или Wi- Fi. Однако с помощью нее не передают большие объемы информации, поэтому взаимообмен данными может занимать всего доли секунды, главное, чтобы объекты, обменивающиеся сигналами располагались относительно друг друга не более чем на 15 см. Технология NFC занимает ведущее место в микроплатежах. Банки активно выпускают карты с NFC-чипом, помимо этого новые модели телефонов также снабжены им.

В развитых странах с помощью банковских карт или мобильных телефонов с NFC- чипом можно оплачивать проезд, при этом сам процесс оплаты остается таким же как и с картой, работающей на технологии RFID, только платеж проходит более быстро за счет радиуса ближнего действия [1].

Переход к технологиям безналичной оплаты проезда позволит сделать систему

общественного транспорта более доступной и удобной с точки зрения пассажира. С точки зрения перевозчика информатизация и переход к автоматизированной системе оплаты проезда будет способствовать прозрачности системы оплаты проезда, а также гибкости в управлении системой.

Цель научно-исследовательской работы – разработать модель современной системы оплаты проезда в Санкт-Петербурге.

Объект исследования – действующая в г. Санкт-Петербурге система оплаты проезда.

Предмет исследования – городской пассажирский транспорт Санкт-Петербурга

Для написания научно-исследовательской работы использованы следующие методы: анализа, дедукции, сравнения, наблюдения, измерения, описания материального моделирования, анкетирования.

Проблема является малоизученной в связи с недавним развитием технологии. Технологии автоматизированной оплаты проезда в России внедрены с 2007 года с помощью смарт-карт Mifare. Внедрение бесконтактной оплаты проезда с помощью банковских карт и мобильных телефонов с NFC-чипом началось с 2015 года.

Основной вклад в изучение бесконтактных систем оплаты проезда и автоматизированных систем оплаты проезда внесли Будрина Е.В., Лебедева А.С, Рогавичене Л.И., Федеров В.А. Работы направлены на выявление перспектив развития бесконтактных систем оплаты проезда, а также на выявление материально-технических и правовых недостатков в существующей в г. Санкт-Петербурге системе оплаты проезда.

Научная новизна представлена в следующих результатах: внесены уточнения в классификацию типов систем оплаты проезда, разработана классификация оборудования для системы оплаты проезда.

Теоретическая значимость состоит в разработке рекомендаций по модернизации системы оплаты проезда в г. Санкт-Петербурге на основе автоматизированных способов оплаты проезда.

Практическая значимость обусловлена возможностью применения полученных выводов и результатов для внесения коррективов в действующую систему оплаты проезда Санкт-Петербурге, а именно в такие ее составляющие, как тарификация, способ оплаты и реализация проездных билетов. Одной из главных рекомендаций является изменение тарификации проездных билетов по времени. Применение такого способа для оплаты проезда позволит увеличить пассажирооборот, а также сделает общественный транспорт более привлекательным для пассажира. Так же выдвинуты требования к системе оплаты проезда со стороны пассажиров и перевозчиков, согласно которым система оплаты проезда должна быть доступной, надежной и безопасной.

Помимо этого, проведен анализ билетного меню, из которого можно сделать вывод о том, что в настоящее время слишком большое разнообразие проездных билетов (36 шт.).

Многие пассажиры не знают о всех видах проездных билетов, поэтому для дальнейшего развития системы оплаты проезда необходимо пересмотреть существующее билетное меню и внести в него корректировку, а также для большего осведомления пассажиров по типам проездных билетов необходимо развить информационную систему оповещения. Предложено объединение городского наземного пассажирского транспорта в единый проездной билет и вывод из оборота проездных билетов «Трамвай-троллейбус», «Троллейбус – автобус», «Автобус – трамвай» из-за низкого спроса и высокого уровня дублирования маршрутов.

Проанализирована материально-техническая и правовая база по системе оплаты проезда. Выявлено, что в систему недостаточно включены коммерческие перевозчики. Для того, чтобы сделать систему общественного транспорта целостной и унифицированной необходимо оснащение стационарными валидаторами и другим

бортовым оборудованием подвижной состав коммерческих перевозчиков. Информационные системы по контролю оплаты проезда и автоматизированной системе управления транспорта требуют замены и перехода на новую платформу, т.к. эксплуатируются уже более 10 лет и не справляются с новыми выдвигающимися к ним требованиям [2].

С точки зрения правовой базы при оплате банковской или смарт-картой не заключается публичный договор на оказание услуг по перевозке. Таким образом автоматизированные способы оплаты проезда (мобильный телефон с NFC-чипом, банковская карта, смарт-карта) находятся не в правовом поле. В действующем законодательстве формой публичного договора является билет.

Также не осуществляется право пассажира на возврат денежных средств при использовании смарт-карты при неисполнении перевозчиком своих обязательств, т.к. смарт-карта не является персонализированной. Возврат может происходить только при подаче пользователя письменного заявления в надлежащий орган исполнительной власти. Отсутствует однозначное толкование законности использования систем скидок, бонусных программ, вознаграждений при использовании автоматизированных способов оплаты проезда.

Для повышения уровня бесконтактных платежей необходима большая информированность пассажиров по возможности оплаты новыми способами оплаты проезда (на основе технологии NFC), не все пассажиры имеют носители проездных билетов. Из-за новизны способов велика вероятность технических сбоев, также инновационные способы оплаты проезда необходимо сделать более гибкими, не уступающими уже привычным способам оплаты проезда [3].

Предложено две концепции по развитию системы оплаты проезда:

1. Основанная на унификации карт Mifare и максимальном распространении их носителей среди населения.

На базе автобусного маршрута №24 предложена модель расположения терминалов самообслуживания по продаже и пополнению карт ЕЭПБ «Подорожник».

Расположение терминалов самообслуживания на остановках наземного городского общественного транспорта позволит разгрузить станции метрополитена, снизить очереди в кассы метрополитена, а также сократить затраты на работу операционистов по продаже проездных билетов, сделать процесс пополнения карт более доступным для пассажиров без надобности посещать вестибюль метрополитена.

Для реализации проездных билетов выбрано методом ранжирования две модели терминалов самообслуживания, компании «Передовые системы самообслуживания» различающихся габаритами, функционалом и количеством карт в диспенсере. На остановочных пунктах с большим количеством проходящих через них маршрутов общественного наземного транспорта устанавливаются терминалы базовой комплектации, на удаленных остановочных пунктах с меньшим количеством маршрутов и пассажиропотоком ставятся терминалы малых габаритов.

2. Предложена концепция по системе бесконтактной оплаты проезда с помощью интернет-банкинга.

В концепции на основе опроса пользователей предложено билетное меню с тарификацией по времени, рассмотрен экономический эффект от перехода с системы контроля оплаты проезда с помощью кондукторов на бескондукторную систему контроля оплаты проезда.

Тарификация по времени включает в себя проездные билеты длительного (месяц) и разового действия. На основе опроса пользователей транспортных услуг предложены временные ограничения разовых проездных билетов – 30 минут, 60 минут, 90 минут.

Благодаря переходу от контроля оплаты проезда кондуктором к контрольной группе снизятся затраты на фонд заработной платы транспортных организаций, т.к.

контрольная группа может работать на нескольких маршрутах. В течение 5 лет количество кондукторов сократится на 51 %, численность контролеров составит 711 человек. [4]

Данные концепции возможно интегрировать. Они выгодны и удобны как пассажирам, так и транспортным организациям, т.к. бескондукторная система оплаты проезда при правильной организации контрольной группы дает меньшие потери выручки, чем при использовании способа реализации проездных билетов с помощью кондуктора или водителя. Транспортные компании сократят затраты на фонд заработной платы, с помощью упрощения билетного меню автоматизация проездных билетов станет проще, а для пассажиров понятнее.

При внедрении терминалов самообслуживания увеличится продажа ЕЭПБ «Подорожник», снизится очередь в кассах метрополитена, что также приведет к снижению фонда заработной платы операционистов, повысится уровень комфортности для пассажиров, популяризируется технология удаленного пополнения проездных билетов с помощью интернет-банкинга из-за более широкого уровня доступности активации отложенных ресурсов.

Литература

1. Будрина Е.В. Исследование инновационных систем оплаты проезда на общественном транспорте / Е.В. Будрина, А.С. Лебедева //Вестник СибАДИ. – 2016. – №5. – С. 7 – 56-59.
2. Будрина Е.В. Проектирование параметров бесконтактной системы оплаты проезда //Перспективы развития транспортного комплекса: материалы II заоч. Науч.-практ.конф. (Минск, 4 – 6 окт. 2016 г.) /Белорус. Науч.-исслед. Ин-т трансп. «Транстехника» – Минск: БелНИИТ «Транстехника» – 2016. – С. 237-241.
3. Будрина Е. В. Развитие системы городского наземного пассажирского транспорта на основе инноваций. / Будрина Е.В. / Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Том I. СПБ.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – 2016. – С. 28. – 32.
4. Федоров В.А. Почему необходимо отказаться от кондукторного метода сбора проездной платы и как организовать контроль оплаты проезда в переходный период. /В.А. Федоров //Молодой ученый. – 2014. – №10. – С. 271-276.



Рочас Станислав Станиславович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра световых технологий и оптоэлектроники,
группа № В4240
Направление подготовки: 12.04.01 – Оптотехника
e-mail: irstan@mail.ru

УДК 621.383.52

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ФОТОПРИЕМНИКА С КОПЛАНАРНЫМ ВЫХОДОМ БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА И КОМПЛЕКТА ФОТОЛИТОГРАФИЧЕСКИХ МАСОК

С.С. Рочас
Научный руководитель – д.ф.- м.н, доцент В.Е. Бугров

Работа выполнена в рамках темы НИР № 416036 «Разработка кристалла резонансного p-i-n фотоприемника спектрального диапазона 850 нм для приема сверхвысокочастотных сигналов в оптоволоконных линиях связи»

Данная работа посвящена разработке высокочувствительного фотоприемника (ФП) ближнего инфракрасного диапазона. В процессе работы было проведено математическое моделирование и расчеты для проверки рабочих характеристик кристаллов фотоприемника, и подтверждена их работоспособность. Была создана технологическая карта для изготовления кристаллов ФП из используемой полупроводниковой гетероструктуры, выращенной методом молекулярно-пучковой эпитаксии на подложке GaAs. Были разработаны комплекты фотошаблонов для p-i-n ФП и для резонансного p-i-n ФП, а также разработаны и апробированы методики испытаний рабочих характеристик изготовленных экспериментальных образцов.

Конструкция кристалла p-i-n ФП разрабатывалась с учетом конструкции эпитаксиальной гетероструктуры, выращенной в ООО «Коннектор Оптикс» на установке Riber 49 методом молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) на подложке GaAs (табл. 1).

Таблица 1

Конструкция гетероструктуры p-i-n ФП

(	Материал	Толщина, мкм	Легирование, $см^{-3}$
p-контакт	GaAs	0.03	+5e19
p-окно	$Al_{0.22}Ga_{0.78}As$	0.2	+1e19
p-градиент	$Al_{0.05}GaAs$ to $Al_{0.22}GaAs$	0.02	+5e18

(	Материал	Толщина, мкм	Легирование, $см^{-3}$
база	GaAs	2.0	-
n-градиент	$Al_{0.05}GaAs$ to $Al_{0.22}GaAs$	0.02	-5e18
n-барьер	$Al_{0.22}Ga_{0.78}As$	0.2	-5e18
n-градиент	$Al_{0.05}GaAs$ to $Al_{0.22}GaAs$	0.02	-5e18
n-контакт	GaAs	1	-5e18
Буфер	GaAs	0.2	
Подложка	GaAs	650 мкм	

Было проведено моделирование спектра оптического поглощения с учетом рассчитанной зонной диаграммы с применением программного пакета COMSOL Multiphysics 5.0. Моделирование спектра поглощения ФП показало, что ширина запрещенной зоны составляет 1,42 эВ, что позволяет поглощать излучение до 870 нм: зависимость фототока от длины волны представлена на рис. 1.

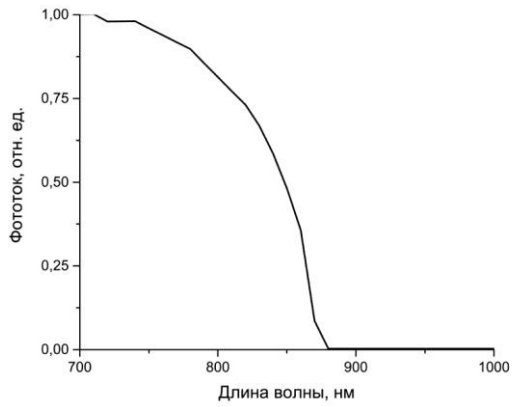


Рис. 1. Спектр поглощения ФП

Для проведения оценки влияния электрофизических параметров разрабатываемого кристалла на его работу и определения размеров первой мезы кристалла были произведены численные расчеты полосы пропускания фотоприемника и проведено схемотехническое моделирование.

Было рассчитано сопротивления контактов R_i, исходя из известных значений площади контактов и удельных сопротивлений R_p и R_n.

Общее сопротивление омических контактов R_i находится по формуле:

$$R_i = R_{ip} + R_{in} \ , \qquad (1)$$

R_i = 2,3 Ом.

Для оценки полосы пропускания кристалла фотоприемника на основе рассмотренной эквивалентной схемы использовалась формула:

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_j(R_i+R_L)} \quad (2)$$

где C_j – емкость p-n-перехода, R_i – сопротивление омических контактов, R_L – сопротивление нагрузки, R_d – сопротивление диода при обратном включении.

Емкость p-n-перехода C_j в эквивалентной схеме зависит от площади фоточувствительной области S и толщины i-слоя W и может быть вычислена по формуле:

$$C_j = \frac{\varepsilon\varepsilon 0 S}{W}, \quad (3)$$

Толщина W для гетероструктуры составляет 2 мкм, а материал i-слоя выполнен из GaAs, диэлектрическая проницаемость которого равна 12,9. Учитывая, что размер приемной площадки равен 50 мкм, получаем C_j = 0,11пФ.

В соответствии с C_j рассчитанной по формуле (3) предельная рабочая частота f_c по формуле (2) равна 26,8 ГГц.

Для оценки максимальной температуры нагрева кристалла p-i-n ФП при его работе, а также для определения распространения температурных полей применялся программный пакет COMSOL Multiphysics 5.0, построение модели кристалла p-i-n ФП осуществлялось в CAD Solidworks 2015.

Наибольшая температура наблюдается в i- и p-слоях и имеет значение 330-334 К (рис. 2), а температура подложки составляет не более 325 К близ n-слоя.

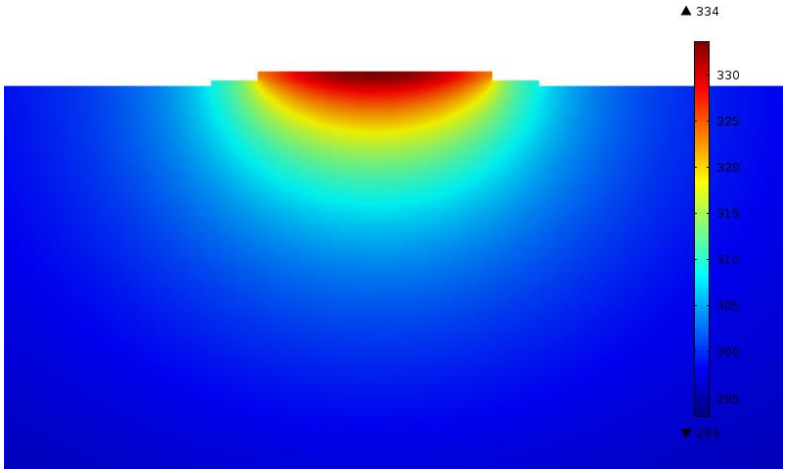


Рис. 2. Распределение температуры в главном сечении кристалла p-i-n ФП

Максимальная температура достигается в i-слое, выполненном из GaAs, и равна 334 К (61 ºС), что свидетельствует о нагреве рабочей области на 41 К относительно нормальной температуры.

Технологический маршрут состоит из 6 основных этапов:

1. Формирование омических контактов к p-GaAs.
2. Формирование 1-ой мезы методом плазмохимического травления.
3. Формирование омических контактов к n-GaAs.
4. Формирование 2-ой мезы методом плазмохимического травления.
5. Защита диэлектриком методом плазмохимического осаждения.
6. Формирование контактных площадок.

Для каждого из указанных этапов технологического маршрута был разработан комплект фотошаблонов, с учетом электрофизических свойств используемой гетероструктуры, представленной в табл. 1.

Фотошаблоны p-, n-контакта и металлизации (рис. 3) являются темнопольными, рисунок – светлый. Напыление металлизации осуществляется на светлый элемент, так как он является рабочим.

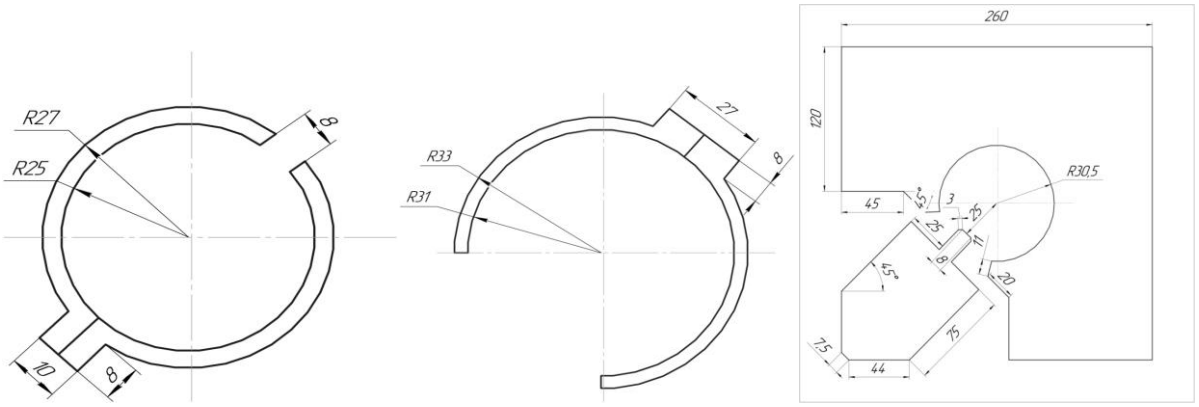


Рис. 3. Фотошаблоны p-, n-контакта и металлизации

Фотошаблоны мезы-1, мезы-2 и диэлектрического покрытия (рис. 4) являются светлопольными, рисунок – темный, в следствие чего, травление и покрытие диэлектриком будет осуществляться по полю.

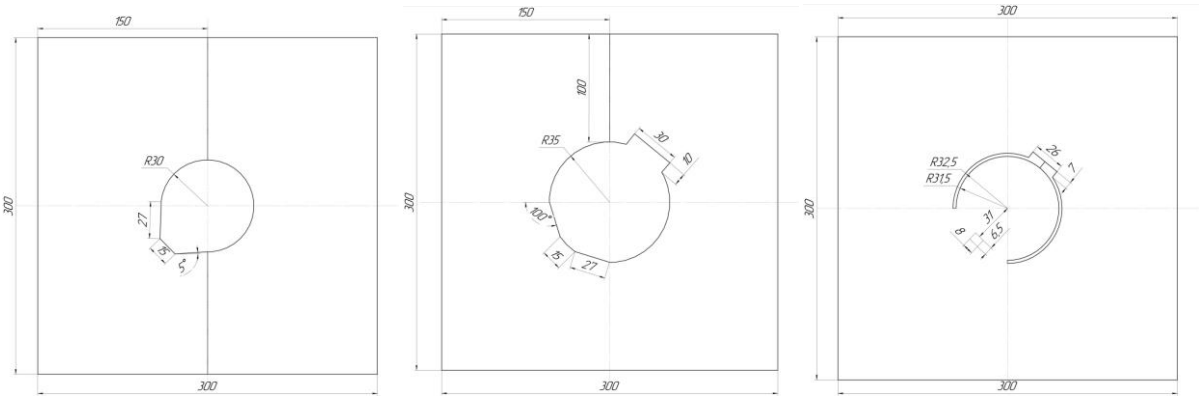
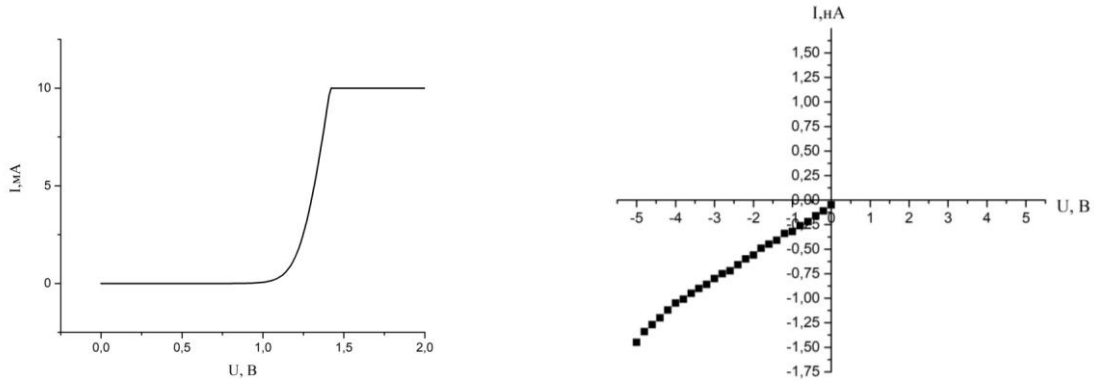


Рис. 4. Фотошаблоны мезы-1, мезы-2 и диэлектрического покрытия

Разработанная методика измерений экспериментальных образцов кристаллов p-i-n ФП была апробирована на кристаллах, выращенных по представленным фотошаблонам.

Измерение вольт-амперной характеристики производилось в диапазоне напряжения от 0 до 2 В (рис. 5 а). Экспоненциальное возрастание тока происходит при достижении значения напряжения равного 1,18 В, а при напряжении 1,42 В достигает значения тока равное 10 мА, после чего значение тока не меняется. Темновой ток измерялся в диапазоне напряжения от 0 до -5 В с шагом - 0.2 В. По достижении значения напряжения -5 В, темновой ток составляет - 1,45 нА (рис. 5 б).



а) б)

Рис. 5. а) Вольт-амперная характеристика кристалла p-i-n ФП при токе ограничения равном 10 мА; б) Темновой ток кристалла p-i-n ФП

Расчет фоточувствительности осуществлялся с учетом электрической схемы установки (рис. 6). Мощность источника оптического излучения «РУБИН 107» составляет 254 мкВт. Максимальное показание тока на пикоамперметре составило 51 мкА.

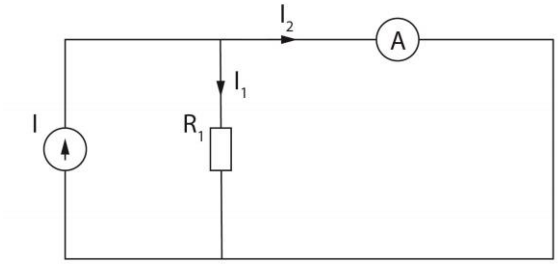


Рис. 6. Электрическая схема установки

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = 0' \end{cases} \quad (4)$$

где I – ток, создаваемый фотоприемником, I_2 – ток, фиксируемый амперметром, R_1 – сопротивление согласующего резистора равное 50 Ом, R_2 – сопротивление амперметра равное 100 Ом.

Фоточувствительность равна отношению выходного тока фотоприемника к входной оптической мощности. Учитывая формулу (4) получаем значение фоточувствительности равное 0,6 А/Вт.

Результатом проведенных моделирований и расчетов явилась разработка рабочего комплекта фотошаблонов для выращивания p-i-n ФП ближнего инфракрасного диапазона, определяющего конструкцию кристалла p-i-n ФП. Рабочий комплект фотошаблонов для изготовления кристаллов p-i-n ФП состоит из 6 шаблонов, которые соответствуют количеству процессов контактной фотолитографии, указанных в созданной карте технологического маршрута изготовления кристаллов. Разработка фотошаблонов для выращивания p-i-n ФП послужила базой для разработки фотошаблонов резонансного фотоприемника (РФП) p-i-n с копланарной линией и контактами для крепления кристалла методом flip-chip, обладающего чередующимися

слоями $Al_{0,9}Ga_{0,1}As/Al_{0,12}Ga_{0,88}As$, выполненными в качестве распределенного брэгговского отражателя с коэффициентом отражения, близким к 100%, в диапазоне длин волн 840-860 нм [1], что позволит увеличить фоточувствительность устройства. Изготовленные с использованием разработанных фотошаблонов кристаллы p-i-n ФП подтвердили свою работоспособность, что позволяет использовать корпусированные кристаллы p-i-n ФП как готовую продукцию в волоконно-оптических линиях связи.

Литература

1. Рочас С.С., Шарипо К.Д., Колодезный Е.С., Козырева О.А. Егоров А.Ю. Разработка гетероструктуры резонансного P-I-N фотоприемника спектрального диапазона 840–860 НМ // Неделя науки СПбПУ Материалы научного форума с международным участием (Санкт-Петербург, 13-19 ноября 2017 г.). Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. – 2018. – С. 272–274.



Рудометова Александра Игоревна
Год рождения: 1995
Факультет пищевых биотехнологий;
кафедра прикладной биотехнологии;
группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения. Биотехнология продуктов лечебного, специального и профилактического питания
e-mail: alexanrud@gmail.com

УДК 637

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПРОТЕИНОВО-АМАРАНТОВОГО КОКТЕЙЛЯ

А.И. Рудометова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.П. Арсеньева

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД№ 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Российский рынок товаров для спорта начал стремительно развиваться, специалисты связывают эту тенденцию с развитием физической культуры и спорта на федеральном уровне, благодаря государственным программам поддержки, так и в целом в мире. В связи с популяризацией активного образа жизни, возникла необходимость в специализированном спортивном питании, которое будет уже готово к непосредственному употреблению.

В сфере спортивного питания наибольшей популярностью обладают высокобелковые смеси, обеспечивающие быстрый набор мышечной массы, а также своевременное восстановление организма во время тренировочного процесса.На фоне интенсивной физической нагрузки спортсмен испытывает дефицит различных нутриентов таких как белки, жиры, углеводы, водо– и жирорастворимые витамины, макро– и микроэлементы.Важным требованием при организации тренировочного и восстановительного процесса является грамотное построение рациона.

Целью работы было проведение исследований и разработки комплексных спортивных коктейлей, обогащенных белком, необходимых для восстановления энергии и самочувствия людей, занимающихся спортом, а также создание продуктов, обеспечивающие высокие потребительские характеристики и функциональные свойства.Для осуществления заявленной цели исследования были поставлены следующие задачи: изучить рацион и потребности спортсменов, на основании литературных источников изучить свойства амаранта, установить дозу внесения муки амаранта, для людей,страдающих сахарным диабетом 2 типа подобрать вид и дозу заменителя сахара, подобрать вид и дозу белка животного происхождения, отработать способы внесения предлагаемых ингредиентов, разработать проект технической документации для разрабатываемого коктейля.

С целью создания рецептуры протеиново-амарантового коктейля с высоким содержанием белка, осуществляли подбор белковых компонентов. В результате анализа литературных данных, в качестве основных источников белка, которые имеют полноценный аминокислотный состав, были выбраны амарантовая мука, мицеллярный

казеин и концентрат сывороточных белков. В качестве основы коктейля было выбрано обезжиренное молоко с массовой долей жира 0,05%.

В ходе серии экспериментов, была определена доза внесения амарантовой муки, согласно условной вязкости и органолептической оценке. Образцы были изготовлены с внесением от 2 до 5% муки с шагом 1%, дальнейшее повышение массовой доли амарантовой муки приводило к образованию не разбиваемого мучного осадка.

Была проведена органолептическая оценка образцов с различной концентрацией муки амаранта. В результате дегустации по органолептическим показателям, наивысшая балльная оценка была достигнута в образце, с концентрацией амарантовой муки 3%, поэтому для дальнейших исследований была использована доза внесения амарантовой муки в количестве 3%.

Осуществлялся подбор дозы внесения мицеллярного казеина и концентрата сывороточного белка, согласно пенообразующей способности, условной вязкости и органолептической оценке.

Исходя из данных литературных источников, концентрат сывороточного белка и мицеллярный казеин обладают различной скоростью усвоения организма спортсмена, поэтому было принято решение изготовления 2 рецептур, рецептуры №1 с добавлением мицеллярного казеина, рецептуры №2 с добавлением концентрата сывороточного белка.С целью сохранения свойств белков был выбран способ изготовления коктейлей с помощью длительной пастеризацией при температуре 67°С, такой способ оказывает щадящее воздействие на белок, позволяющее сохранить его свойства.

Согласно литературным источникам, оптимальное количество потребление белка в порции составляет 20 до 30 г, поэтому дозы внесения мицеллярного казеина и концентрата сывороточных белков варьировали от 6 до 9% с шагом 1%, что соответствует от 18 до 27 г белка в порции 300 мл.

Наивысшей пенообразующей способностью обладали образцы с дозой внесения 9% мицеллярного казеина и концентрата сывороточного белка. По органолептическим показателям с данной концентрацией ощущалась мучнистость, наивысшую балльную оценку по данному показателю, получили образцы с дозой внесения 7% концентрата сывороточного белка и 8% мицеллярного казеина.

В ходе экспериментальных исследований определяли влияние дозы внесения концентрата сывороточного белка и казеина на условную вязкость коктейлей, которая должна соответствовать не более 30 с. Желаемая продолжительность истечения коктелей была достигнута при концентрации 7% и 8%.

Для улучшения потребительских свойств, на основании литературных источников, в качестве подсластителя был выбран сироп топинамбура, так как он является натуральным заменителем сахара, имеет низкий гликемический индекс и содержит пребиотик инулин, а также определена доза внесения сиропа.

Для определения степени сладости в коктейли вносили сироп топинамбура от 1% до 5% с шагом 1%. После происходила оценка уровня сладости коктейлей. Сладость оценивали согласно 5 балльной шкале. Результатом подбора дозировки сиропа топинамбура наиболее приятная степень сладости наблюдалась в образцах с дозировкой 3,0%, которая и была выбрана для дальнейших исследований. Рецептура на коктелей №1 и №2 представлена в табл. 1, 2. Показатели качества в табл. 3.

Была расчитана биологическая и энергетическая ценность протеиново-амарантовых коктейлей. Биологическая ценность коктейля с добавлением мицеллярного казеина составляла 51,2% и 48,5% для коктейля с добавлением концентрата сывороточного белка соответственно.

Таблица 1

Рецептура №1 смеси коктейля

Наименование сырья	Коктейль №1
Молоко коровье обезжиренное с массовой долей жира 0,05%, кг	870
Концентрат сывороточных белков	80
Мука амарантовая с массовой долей белка 20%	30
Сироп топинамбура	30
Итого:	1000

Таблица 2

Рецептура №2 смеси коктейля

Наименование сырья	Коктейль №2
Молоко коровье обезжиренное с массовой долей жира 0,05%, кг	870
Мицеллярный казеин	70
Мука амарантовая с массовой долей белка 20%	30
Сироп топинамбура	30
Итого:	1000

Таблица 3

Показатели качества готовых продуктов

Показатель	Коктейль с добавлением КСБ	Коктейль с добавлением МК
Органолептические показатели: Внешний вид Вкус Консистенция Запах	Однородная жидкость, с вкраплениями амарантовой муки Выраженный молочный, приятно сладкий, с ореховым привкусом, свойственный амарантовой муке Однородная, жидкая консистенция с вкраплениями амарантовой муки Молочный, с ореховым ароматом	
Активная кислотность, pH	6,21	6,51
Титруемая кислотность, °Т	36	40
Условная вязкость, с	25,8	19,3
Пенообразование, %	86	62

Энергетическая ценность протеиново-амарнтового коктейля с мицеллярным казеином составляет 75 ккал или 327 кДж на 100 г продукта, содержит 9,98 г белка, в порции 300 г составляет 225 ккал и 29.94 г белка.

Для протеиново-амарнтового коктейля с мицеллярным казеином энергетическая ценность составляет 70 ккал или 307 кДж на 100 г продукта, содержит 8,81 г белка, в порции 300 г составляет 210 ккал и 26,43 г белка.

Пищевая ценность коктейля №1 представлена в табл. 4, коктейля №2 представлена в табл. 5.

Таблица 4

Пищевая ценность коктейля №1

Компонент	К,%	Нутриент, г/100г		
		Б	Ж	У
Молоко обезжиренное с массовой долей жира 0,05 %	86	2,58	0,043	4,042
Мука амарантовая с массовой долей белка 20%	3	0,6	0,12	1,95
Мицеллярный казеин	8	6,8	0,24	0,32
Сироп топинамбура	3	–	–	2,085
Итого:	100	9,98	0,4	8,4

Таблица 5

Пищевая ценность коктейля №2

Компонент	К,%	Нутриент, г/100г		
		Б	Ж	У
Молоко обезжиренное с массовой долей жира 0,05 %	87	2,61	0,0435	4,1
Мука амарантовая с массовой долей белка 20%	3	0,6	0,12	1,95
Концентрат сывороточных белков	8	5,6	0,21	0,28
Сироп топинамбура	3	–	–	2,085
Итого:	100	8,81	0,37	8,4

Таким образом, на основании изучении потребностей спортсменов в белке и углеводах подобраны компоненты растительного и животного происхождения [1].

Теоретически выявлены полезные свойства амаранта, который имеет сбалансированный аминокислотный состав, а также стимулирует процессы выработки коллагена и способствует восстановлению поврежденной кожи и различных видов соединительной ткани.

Установленная доза внесения муки амаранта в количестве 3%, позволяет получить коктейль с приятным ореховым привкусом.

С целью улучшения потребительских свойств продукта и расширения ассортимента для людей, страдающих сахарным диабетом 2 типа подобран подсластитель сироп топинамбура, в количестве 3%.

Подобранные дозы внесения концентрата сывороточного белка в количестве 7% и мицеллярного казеина – 8% приблизит к рекомендованным суточным дозам белка для спортсменов.

Выбранный способ внесения концентрата сывороточных белков и мицеллярного казеина – при температуре не выше 67ºС позволит сохранить их первоначальные свойства, не подвергая белки распаду.

Разработан проект технической документации для производства протеиново–амарантового коктейля для спортивного питания.

Литература

1. Hubble Breaks Cosmic Distance Record [Электронный ресурс]: <http://www.spacetelescope.org/news/heic1604/>, 2016.



Сенкевич Наталья Юрьевна
Год рождения: 1994
Физико-технический факультет,
кафедра нанофотоники и метаматериалов,
группа № Z4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: n.senkevich@metalab.ifmo.ru

УДК 51-72, 538.911, 538.915, 538.958.

КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ, ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ И ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ZN

Н.Ю. Сенкевич
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Р.Г. Полозков

Работа выполнена в рамках темы НИР №718797 «Теория фотопроцессов в мезоскопических системах и их приложения».

Металлоорганические координационные полимеры (МОКП) – новый перспективный класс гибридных микропористых материалов, образованных путем соединения органических молекул (линкеров) и молекул металлов в кристаллическую структуру. Сочетание органических и неорганических блоков в монокристалле позволяет широко применять МОКП в сорбции газов, пьезомеханике, переносе заряда, нелинейной оптике. В частности, в недавно опубликованной работе [1] на основе экспериментальных измерений одного из МОКП была выдвинута гипотеза о существовании в нем двух видов экситонов: внутри- и межслоевых. Для оценки этой гипотезы, было решено провести ab-initio расчеты пространственной, электронной структуры и оптического отклика для данного МОКП с помощью квантово-механического пакета Quantum Espresso [2].

Объектом исследования являлся металлоорганический координационный полимер на основе цинка

$$[\{Zn_2(TBAPy)(H_2O)_2\}*3.5DEF]_n \quad (1)$$

где *TBAPy*=1,3,6,8- tetrakis (p-benzoate) pyrene и *DEF* - диэтилформамид (далее везде МОКП-цинк). Для него экспериментально были получены спектры поглощения, фотолюминесценции и отражения. Все экспериментальные спектры содержали пики у края поглощения, которые интерпретировались как проявление внутри- и межслоевых экситонов. Экситоны являются коррелированными двухчастичными возбуждениями, для которых положительно заряженная дырка и отрицательно заряженный электрон формируют связанное состояние. Таким образом, они качественно отличаются от одночастичных возбуждений, которые также могут быть созданы оптически в переходах между валентной зоной и зоной проводимости. Энергия связи экситонов меньше ширины запрещенной зоны, поэтому в оптическом отклике экситонные пики наблюдаются левее края оптического поглощения. Однако, в сложных многоатомных металлоорганических системах резонансные особенности поглощения и люминесценции могут быть объяснены в терминах одночастичных возбуждений, включающих излучение лиганда, излучение металла, перенос заряда с лиганда на металл,

перенос заряда с металла на лиганд, межлигандные переходы и другие каналы излучения.

В настоящей работе были проведены расчеты пространственной, электронной структуры и оптического спектра для одного слоя МОКП-цинк. Аналогичное исследование было проведено для двухслойной модели МОКП-цинк, состоящей из двух параллельных слоев материала, которые разделены слоями растворителя, состоящего из смеси воды или DEF. Элементарная ячейка МОКП-цинк представлена на (рис. 1).

На первом этапе исследования была определена равновесная геометрия МОКП-цинк с помощью полуэмпирического подхода, начальные данные для которого были получены при помощи рентгеновской дифрактометрии. Адаптированная для компьютера пространственная модель искажалась квазислучайным смещением положения каждого атома, а затем моделировалась релаксация напряженной системы и рассчитывались положения равновесия атомов с помощью полуэмпирического метода PM7 [3].

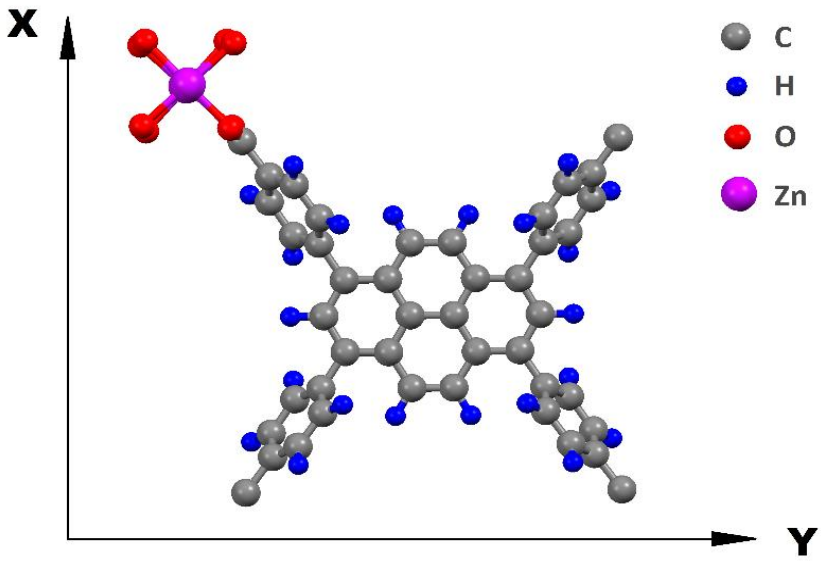


Рис. 1. Строение элементарной ячейки монослоя МОКП-цинк. Единичную ячейку можно условно разделить на две части: узел Zn_2O_4 и органический лиганд

На втором этапе исследования были рассчитаны пространственная и электронная структура однослойного МОКП-цинк с помощью теории функционала плотности (DFT) [4], а конкретно в рамках теории Кона-Шема. Особенностью данной теории является использование электронной плотности вместо волновой функции, что существенно упрощает вычисления. Теория Кона-Шема основывается на сведении задачи описания многих взаимодействующих электронов в статическом внешнем поле к более простой задаче независимых, движущихся в некотором эффективном потенциале частиц, который учитывает обменное взаимодействие и электронные корреляции. Такая задача должна решаться самосогласованно. Так как рассматривается бесконечная периодическая структура, то для нее справедлива теорема Блоха, которая гласит, что для такой системы волновая функция может быть разложена по базису плоских волн. Теория Кона-Шема позволяет найти энергию основного сотояния системы и волновые функции молекулярных орбиталей Кона-Шема, которые являются аналогами одночастичных волновых функций в уравнении Шредингера. Для учета обмена и корреляций разработанно множество аппроксимаций, которые кроме своей формы, также отличаются и точностью вычислений. В нашей работе мы использовали два обменно-

корелляционных функционала PBE (Perdew, Becke, Ezendorf) и BLYP (Becke, Lee, Parr, Yang). Существенной технической трудностью при решении многоэлектронной задачи является необходимость учета потенциала сильного электрон-ядерного взаимодействия, поэтому в подобных расчетах используются атомные псевдопотенциалы, которые позволяет сократить базис плоских волн.

В системе МОКП-цинк существует четыре типа химических связей. Самая короткая связь C-H имеет длину 1,09 Å. Эта связь обеспечиваете sp_2 гибридизацию для атомов. Вторая связь C-O, ее длина составляет 1,26 Å, она ответственна за соединение металла с лигандом. Третий тип связи C-C с длиной в диапазоне 1,35-1,50 Å в зависимости от валентности атомов углерода. Связь Zn-O является самой длинной, ее длина равна 2,00 Å. Для двух обменно-корелляционных функционалов данные результаты оказались практически идентичными.

Чтобы проанализировать электронные свойства системы были рассчитаны следующие величины: плотность состояний, спроецированная на атомные орбитали плотность состояний (PDOS), а также были построены изоповерхности электронной плотности конкретных орбиталей и их зонные структуры, и далее получено распределение эффективных масс.

Из (рис. 2a), на котором изображена спроецированная плотность состояний, видно, что область электронных состояний вблизи запрещенной зоны формируется из состояний атомов органического лиганда, что означает, что лигандные орбитали дают большой вклад в оптический отклик вблизи края поглощения. Так же с помощью рис. 2a можно определить ширину запрещенной зоны (HOMO-LUMO) однослойного МОКП-цинк, которая составляет 2,2 эВ, что ниже экспериментально определенного значения, равного 2,3-2,46 эВ. Такая недооценка вычисленной ширины запрещенной зоны является особенностью DFT. Поскольку край оптического поглощения формирутеся оптическими переходами между состояниями в окрестности запрещенной зоны, были построены изоповерхности электронной плотности для HOMO и LUMO орбиталей, которые позволяют сделать вывод, что электронная плотность данных состояний сосредоточена на органическом лиганде МОКП-цинк.

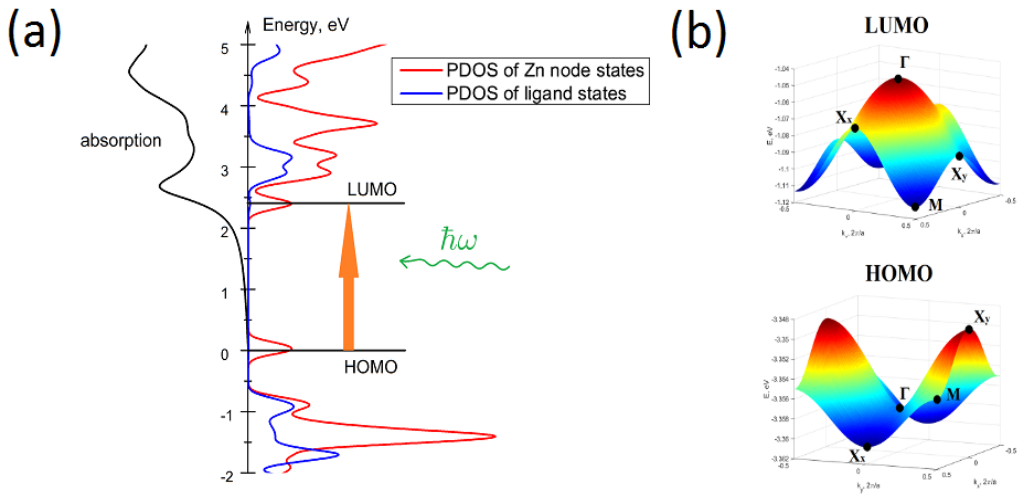


Рис. 2. (a) Спроецированная плотность сотояний однослойного МОКП-цинк, соответсвующая цинковому узлу (красная линия) и лиганду (синяя линия), поглощение однослойного МОКП-цинк (черная линия); (b) Зонная структура HOMO и LUMO орбиталей однослойного МОКП-цинк; HOMO - наивысшая занятая молекулярная орбиталь, LUMO - низшая незанятая молекулярная орбиталь

Зонные структуры HOMO и LUMO орбиталей однослойного МОКП-цинк в плоскости $k_z = 0$ представлены на рис. 2b. Обе зоны довольно узкие, общая ширина зоны составляет менее 0,02 эВ для HOMO орбитали и 0,07 эВ для LUMO орбитали. Положение минимума зоны проводимости (M-точки зоны Бриллюэна) не совпадает с положением максимума валентной зоны (X-точка зоны Бриллюэна), что означает, что МОКП-цинк является непрямозонным оптическим материалом. Интересно, что дисперсия полосы HOMO, имеет седловые точки в точках Г и M зоны Бриллюэна. Анализ дисперсии HOMO и LUMO орбиталей позволяет получить некоторые качественные выводы о возможном формировании экситонов в системе. Для существования экситонов эффективные массы в валентной зоне и зоне проводимости должны иметь разные знаки. Рассматривая дисперсию, показанную на рис. 2b, можно видеть, что такая ситуация реализуется, когда электрон находится вблизи точки M, а дырка в окрестности точки X зоны Бриллюэна. Однако экситон в такой конфигурации будет темным (т. е. не может быть возбужден оптически), так как оптические переходы от точки X к M запрещены. Поэтому возникновение экситонных пиков в оптическом отклике системы маловероятно, а последний определяется только одночастичными переходами в лиганде.

Третьим этапом нашего исследования стал расчет оптического спектра поглощения данной системы, для чего использовалась нестационарная линеаризованная теория функционала плотности (TDDFT) Лиувилля-Ланцоша [5]. Данная теория является обобщением DFT: в ней рассматривается зависящее от времени уравнение Кона–Шэма в первом порядке теории возмущений по электрическому полю. Уравнение Кона–Шэма позволяет найти динамические свойства многоэлектронной системы, такие как тензор динамической поляризуемости, сечение фотоионизации и другие. В настоящей работе для описания оптического отклика мы рассчитывали сечение поглощения, которое пропорционально мнимой части тензора динамической поляризуемости и может быть измерено экспериментально. Сначала мы рассмотрели поглощение в монослое МОКП-цинк для поля поляризованного вдоль осей *x* и *y*. Оказалось, что существует три резких пика поглощения около 2,6, 4,2 и 6 эВ в видимом диапазоне, первые два из которых можно наблюдать на рис. 2a, и один широкий пик около 15 эВ в ультрафиолетовой области. Оптическая часть спектров чрезвычайно чувствительна к поляризации, в то время как ультрафиолетовая часть практически не чувствительна, тем не менее положения основных пиков у двух поляризаций совпадают. Так же была рассмотрена двухслойная структура МОКП-цинк как с растворителем, так и без него. Заметим, что в этом случае направления *x* и *y* эквивалентны, поскольку в стабильной конфигурации кристаллографические оси слоев поворачиваются на 90 градусов друг относительно друга. Мы также учли возможность межслоевых переходов вдоль оси *z*, которая направлена перпендиклярно слою МОКП-цинк, но такие переходы становятся важными только для более высоких энергий фотонов, начиная с 5 эВ, и почти не вносят вклад в низкоэнергетическую часть спектра. Роль растворителя в поглощении в низкоэнергетической части также незначительна.

Таким образом, в данной работе показано, что область электронных состояний вблизи запрещенной зоны в структуре МОКП-цинк формируется из состояний атомов органического лиганда, что означает, что именно лигандные орбитали дают наибольший вклад в оптический отклик вблизи края поглощения, а пики вблизи края поглощения могут быть интерпретированы как одночастичные возбуждения.

Литература

1. Milichko, Valentin A. [et al.] van der Waals Metal-Organic Framework as an Excitonic Material for Advanced Photonics [Текст]/ Valentin A. Milichko [et al.] // Advanced Materials. – 2017. – 12. – Vol. 29 – pp. 1606034.
2. Giannozzi, P. [et al.] QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials [Текст] / P. Giannozzi [et al.] // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2009. – Vol. 21(39) – pp. 395502.
3. Stewart, J. J. Optimization of parameters for semiempirical methods VI: more modifications to the NDDO approximations and re-optimization of parameters [Текст]/ J.J. Stewart // Journal of Molecular Modeling. – 2013. – Vol. 19 – pp. 1–32.
4. Kohn, W. and Sham, L. J. Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects [Текст]/ W. Kohn and L. J. Sham // Physical Review. – 1965. – Vol. 140 – pp. A1133–A1138.
5. Rocca, Dario [et al.] Turbo charging time-dependent density-functional theory with Lanczos chains [Текст]/ Dario Rocca [et al.] // The Journal of Chemical Physics. – 2008. – Vol. 128 – pp. 154105



Тарасов Иван Петрович
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Прикладная оптика
e-mail: iptarasov@gmail.com

УДК 535.317

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАНКРАТИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ НАСАДОК

И.П. Тарасов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Цыганок

Оптические телескопические системы или как их еще называют зрительные трубы – это распространённая и широко развитая группа оптических систем. Телескопические системы являются основной частью множества оптических приборов: геодезических, астрономических, военных, наблюдательных, угломерных, дальномерных, прицельных и других [1].

Целью работы, является исследование и расчет телескопических систем переменного увеличения (СПУ). Были поставлены следующие задачи: произвести исследование существующих телескопических СПУ, выбрать оптимальную схему; произвести расчет панкратической насадки.

Насадка должна удовлетворять следующим требованиям:

- угловое увеличение Г 0.5 − 2 крат;
- угловое поле зрения в пространстве изображения 30°;
- длина системы не более 210 мм;
- диаметр выходного зрачка 30 мм;
- выходной зрачок неподвижен относительно оптической системы.

В сложных оптических системах преобразование таких характеристик, как: увеличения, фокусное расстояние, поле зрения и др., без внесения каких-либо изменений в схему прибора, осуществляется применением различного рода насадок. Ввиду того, что они являются, съемной частью оптической системы, они не должны ухудшать качество системы и вносить какие-либо искажения изображения.

Панкратическая насадка разрабатывается для сопряженной работы с оптической системой, в качестве которой может выступать объектив или другой прибор с фиксированным фокусным расстоянием и вынесенным входным зрачком.

Выполнено исследование трехкомпонентных схем переменного увеличения с целью определения оптимального распределения оптических сил в системе, исследуемые схемы представлены на (рис. 1).

Первый случай с подвижным отрицательным компонентом, позволяет получить оптимальную схему, в которой отсутствует оборачивание изображения, оптические силы сбалансированы.

Поскольку в трехкомпонентных системах существуют проблемы со стабилизацией, трудно получить фиксированное положение зрачков и необходимое значение увеличения, а также приемлемое качество изображения, было принято решение перейти к четырехкомпонентным системам.

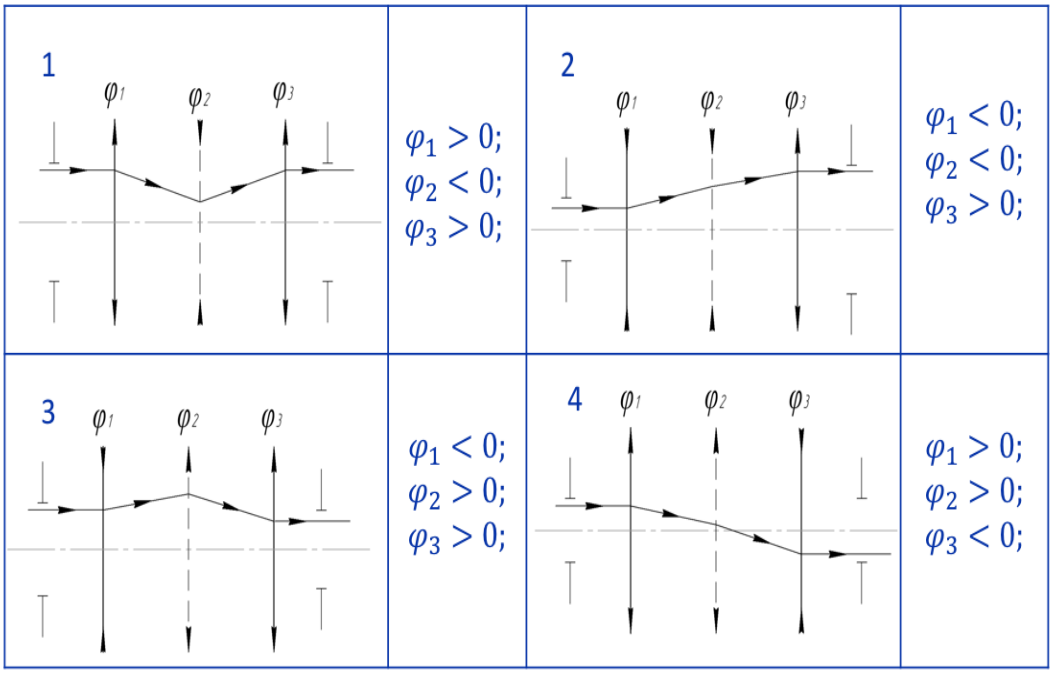


Рис. 1. Распределения оптических сил в трехкомпонентных телескопических системах переменного увеличения

На рис. 1 представлены четыре случая распределения оптических сил.

Первый случай с подвижным отрицательным компонентом, позволяет получить оптимальную схему, в которой отсутствует оборачивание изображения, оптические силы сбалансированы.

Поскольку в трехкомпонентных системах существуют проблемы со стабилизацией, трудно получить фиксированное положение зрачков и необходимое значение увеличения, а также приемлемое качество изображения, было принято решение перейти к четырехкомпонентным системам.

Для того, чтобы исследовать и рассчитать четырехкомпонентную панкратическую насадку переменного увеличения необходимо вычислить, как лучи проходят через оптическую систему и правильно распределить оптические силы между компонентами [2]. Поэтому важным этапом в исследовании являлся расчет хода параксиальных лучей через телескопическую насадку переменного увеличения. Исследуемая система имеет три положения увеличения: максимальное, среднее и минимальное. Приняв за основу формулы для двухкомпонентной панкратической системы, полученные профессором Чуриловским, рассмотрена и проанализирована следующая панкратическая телескопическая система [3]. Первый и четвёртый компоненты в системе положительны и зафиксированы, перемещаются второй и третий компоненты.

Введены следующие обозначения, первый компонент имеет оптическую силу φ_1, второй компонент оптическую силу φ_2, третий компонент оптическую силу φ_3, четвертый компонент оптическую силу φ_4, углы первого параксиального луча – $\beta_1 \dots \beta_5$, углы второго параксиального луча – $\alpha_1 \dots \alpha_5$, высота первого параксиального луча – $y_1 \dots y_4$, высота второго параксиального луча – $h_1 \dots h_4$, М – расстояние между компонентами, l – длина системы, a_p, a'_p – расстояния от компонентов до зрачков.

Так система является афокальной введены следующие условия: значения апертурного луча перед первым и после четвертого компонентов, должно быть равны нулю (1-2).

$$\alpha_1 = 0 \tag{1}$$

$$\alpha_5 = 0 \tag{2}$$

На (рис. 2) представлена четырехкомпонентная схема панкратической насадки, с подвижным вторым и третьим компонентом, в среднем положении увеличения. Расстояния между компонентами принято одинаковыми.

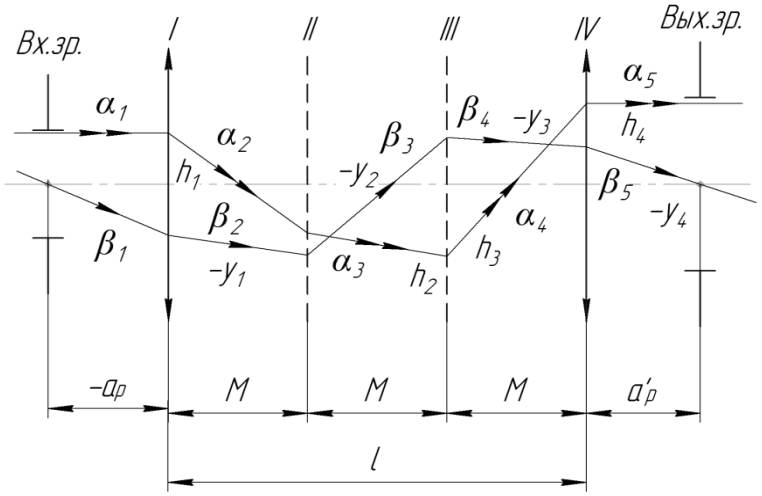


Рис. 2. Четырехкомпонентная схема переменного увеличения при среднем значении увеличения

Получены формулы для нахождения высот и углов главного и апертурного лучей в четырёхкомпонентной системе переменного увеличения. После нахождения высот и углов было определенно положение выходного зрачка в четырехкомпонентной системе переменного увеличения, поскольку рассчитываемая система является частью другой системы, зрачки должны быть согласованы между собой.

Определив положения зрачков для первого и второго компонентов получены формулы для нахождения выходных зрачков третьего и четвертого компонентов [4]. Выходной зрачок четвёртого компонента, является выходным зрачком 4 компонентной системы переменного увеличения, формула для нахождения его положения представлена ниже.

$$a'_{p_4} = \frac{1 - M_1\varphi_1 + M_1 - M_2\varphi_2 - M_1M_2\varphi_1\varphi_2 + M_2\varphi_1 + \frac{M_2}{a_{p_1}} - M_3\varphi_3 + M_1M_3\varphi_1\varphi_3 - \varphi_4 - M_1\varphi_1\varphi_4 + M_1\varphi_4 - M_2\varphi_2\varphi_4 - M_3\varphi_3\varphi_4 + M_1M_3\varphi_1\varphi_3\varphi_4 - M_1M_3\varphi_3\varphi_4 - M_2\varphi_2\varphi_4 + \varphi_3 - -M_1M_3\varphi_3 + M_2M_3\varphi_2\varphi_3 - M_1M_2M_3\varphi_1\varphi_2\varphi_3 + M_2M_3\varphi_1\varphi_3 + \frac{M_2M_3\varphi_3}{a_{p_1}}}{-M_1\varphi_1\varphi_3 + M_1\varphi_3 - M_2\varphi_2\varphi_3 + M_1M_2\varphi_1\varphi_2\varphi_3 - M_2\varphi_1\varphi_3 - \frac{M_2\varphi_3}{a_{p_1}}} \tag{3}$$

Для расчета СПУ, необходимо вычислить оптические силы компонентов, сформулировать закон перемещения компонентов, определить положения зрачков.

Для этого четырехкомпонентная система была разбита на части. Рассмотрены первый и второй компонент в системе, затем присоединен третий компонент (рис. 3) формулы для нахождения оптических сил представлены ниже.

Общая оптическая сила первого и второго компонентов, может быть выражена как:

$$\varphi_{12} = \varphi_1 + \varphi_2 - d_1\varphi_1\varphi_2; \quad (4)$$

$$\varphi_3 = \frac{1-\varphi_1 d_1 - \varphi_{12} d_2 - s\prime\varphi_{12}}{s\prime - \varphi_1 d_1 s' - \varphi_2 d_2 s'}; \quad 5)$$

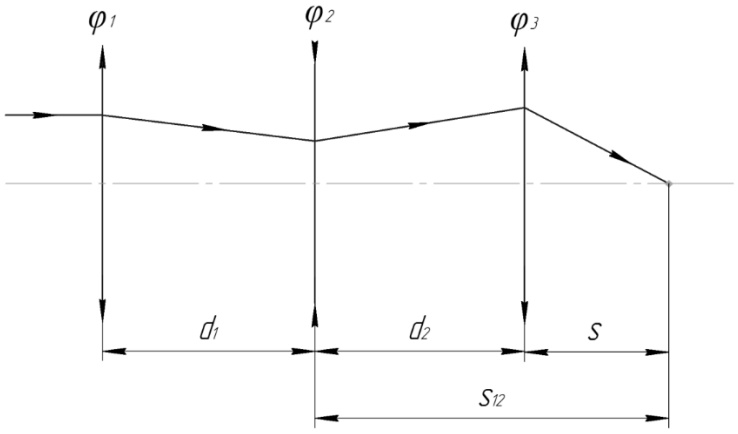


Рис. 3. Присоединение третьего компонента

Далее был присоединён четвертый компонент с оптической силой φ_4 рис. 4.

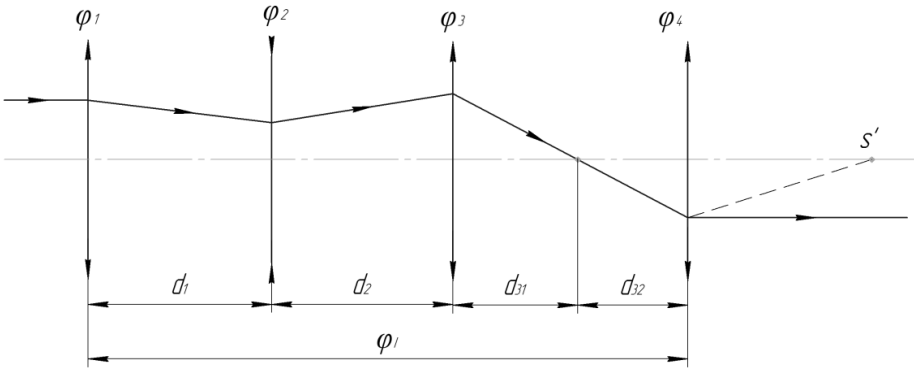


Рис. 4. Присоединение четвертого компонента

Выражена формула для нахождения суммарной оптической силы, формула 6.

$$\varphi_{1-4} = [\varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_1\varphi_2 d_1 + \varphi_3 - \varphi_1\varphi_3 d_1 - \varphi_1\varphi_3 d_2 - \\ -\varphi_2\varphi_3 d_2 + \varphi_1\varphi_2\varphi_3 d_1 d_2] \cdot \left[1 - \frac{\varphi_4 s'_1}{\varphi_4 s'_1 - 1}\right]; \quad (6)$$

Метод обладает универсальностью и позволяет найти оптические силы компонентов, путем присоединения каждого последующего компонента и расчета его оптической силы. После выражения всех необходимых сил, полученные выражения были заданы в программу математического расчета Maple, получены начальные оптические силы.

Вычислены законы перемещения компонентов в системе. (рис. 5), слева для второго компонента, справа для третьего. Компоненты в системе перемещаются не линейно.

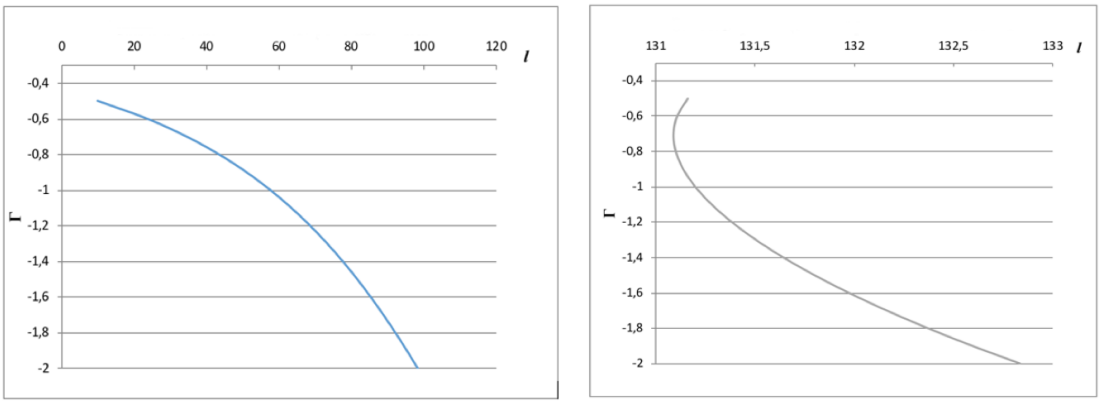


Рис. 5. Закон перемещения компонентов

Исходные данные были использованы для задания системы в Zemax. На рис. 6 представлена полученная панкратическая насадка после оптимизации с присоединенным объективом.

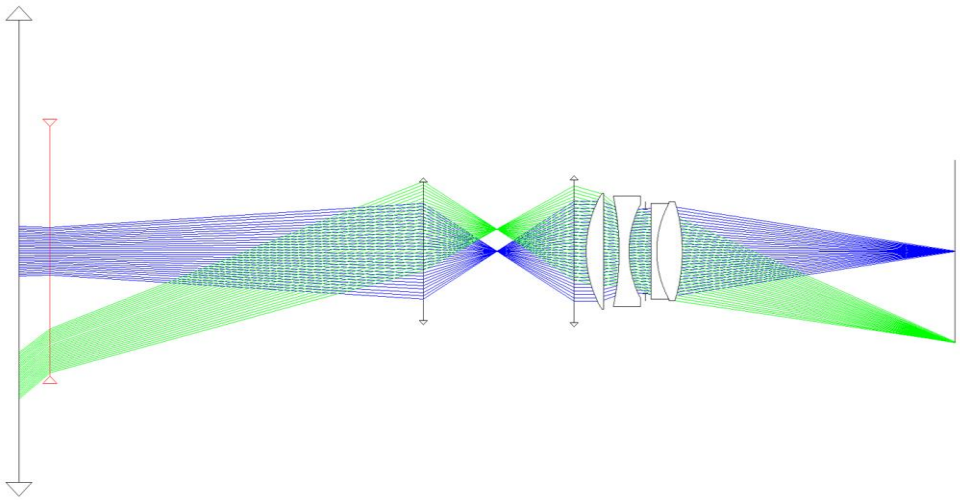


Рис. 6. Панкратическая телескопическая насадка и Индустар-7

Таким образом в работе проведено исследование существующих СПУ; выполнен вывод формул для трех-четерых компонентных панкратических телескопических систем; рассчитана панкратическая насадка с фиксированным, вынесенным выходным зрачком; вычислены законы перемещения компонентов; выполнено моделирование рассчитанной насадки с объективом

Литература

1. Пахомов И.И. Панкратические системы. – М.: Машиностроение, 1976. – 160с.
2. Слюсарев Г.Г. Методы расчёта оптических систем. – Л.:Машиностроение, 1969. 672 с.

3. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. – М.: Машиностроение, 1966. – 564 с.
4. Стефанский М.С. Определение оптических параметров пятикомпонентных СПУ при простейшей кинематической схеме // Оптико-механическая промышленность, 1962, № 11, с. 18–24.



Туркебаева Динара Бериковна
Год рождения: 1994
Факультет системы управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроение,
группа № Р4279
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: turkebaeva.dinara@mail.ru

УДК 62-52

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

Д.Б. Туркебаева
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.Я. Афанасьева

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

Целью работы является разработка открытой архитектуры модуля управления шаговыми двигателями для адаптивной платформы технологического оборудования. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать имеющие системы с ЧПУ;
- провести сравнительный анализ серводвигателей и шаговых двигателей;
- выбор конкретного двигателя для адаптивной платформы технологического оборудования ADAPTEQ;
- провести сравнительный анализ современных семейств микроконтроллеров и выбрать соответствующий для разработки модуля;
- реализовать прототип модуля управления двигателем с открытым интерфейсом для адаптивной платформы технологического оборудования.

Объектом исследования является адаптивная платформа технологического оборудования ADAPTEQ, установленная на кафедре технологии приборостроение. Концепцией ADAPTEQ, является стать универсальной модульной и легко переналаживаемой платформой, путем простого добавления или замены одного, или нескольких компонентов, сможет создать то или иное устройство [1].

Обзор предметной области. Задача технологии приборостроения заключается в оптимизации и совершенствовании технологических процессов, что в свою очередь невозможно без проектирования и внедрения новых типов производственного оборудования. Целью любой оптимизации является сокращение времени изготовления изделий и удешевление технологических процессов. В качестве одного из основных методов достижение данной цели можно выделить автоматизацию производства, в частности за счёт применение оборудования с ЧПУ. Обычно все компоненты оборудования с ЧПУ очень тесно связаны между собой, из-за чего невозможно модернизировать при надобности какую-либо определенную часть. Также срок службы продукции становится короче, особенно заметно это в сфере реализации продукции массового спроса.

Конструкция станков для определенного вида продукции созданы в прошлые годы, но в настоящее время они не всегда могут соответствовать требованиям рынка. В свою очередь это и привило к необходимости применение модульности станков с ЧПУ и развитию их по сей день.

Работы по модернизации станков с ЧПУ с применением модульного подхода ведутся по всему миру, например, тайские исследователи из Тайского Национального Центра Электроники и Компьютерных технологий (National Electronics and Computer Technology Center) разработали прототип системы управления движением с ЧПУ промышленного класса с открытой архитектурой и модульными технологиями. Для того чтобы модернизировать старые фрезерные станки для профессиональных технических колледжей [2].

Также в своей работе китайские исследователи представили новую архитектуру контроллера с ЧПУ с применением модульного переконфигурируемого оборудования. Применяя различные типы логических модулей, аппаратно-логический контроллер может быть изменен для решения различных технологических задач. Для обоснования предлагаемой архитектуры была построена экспериментальная система и применена к фрезерному и токарному станкам [3].

Оборудование с ЧПУ представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, в котором каждый из компонентов оказывает непосредственное влияние на работу других компонентов. Поэтому, прежде всего, необходимо рассмотреть основные составные части оборудования с ЧПУ.

Сравнительный анализ двигателей. Важным этапом проектирования привода является выбор двигателя. Двигатели – связующий компонент между механической и электронной частью системы ЧПУ. Управляющие модули принимают сигналы с контроллера ЧПУ и преобразуют их во вращательное движение собственного вала. В станках с ЧПУ управлением применяют 2 вида двигателей: серводвигатели и шаговые двигатели.

Проведя сравнительный анализ двигателей можно сделать вывод, что серво- и шаговые двигатели удовлетворяют требованиям платформы. Однако принимая к сведению технические характеристики и концепцию ADAPTEQ, подходящим является шаговые двигатели, а именно гибридные ШД. Зачастую в больших производственных оборудованиях используют сервопривод для того, чтобы увеличить мощность. Для мелкосерийных производств, применяют ШД. Шаговые двигатели с их способностью производить высокий крутящий момент с низкой скоростью при минимизации вибрации, высокой надежностью, низкой стоимостью идеально подходят для приложений, требующих быстрого позиционирования на короткое расстояние [4]. Учитывая же характеристику шаговых двигателей, для предотвращения потери шага применяется микрошаговый режим. Принимая во внимания все достоинство микроконтроллера STM32, для выполнения микрошагового режима решено использовать именно ее.

Действующая система управления. На данный момент в ADAPTEQ для управления координатным столом взаимодействуют следующие компоненты, это плата сопряжения, драйвер MA860H, шаговый двигатель. Между ними организована односторонняя электрическая связь (рис. 1). Контроллер генерирует импульсы, ядро ЧПУ передает электрические сигналы через плату сопряжения, которое в данном случае служит для защиты контроллера от повышенного напряжения. Драйвер в свою очередь преобразует импульсы в ток, который непосредственно подается на обмотки двигателя, тем самым заставляя ее вращаться. Компоненты между собой связаны на физическом уровне, и он не связан с протоколами. Сейчас он связан как слой низкоуровневого сетевого оборудования. Все компоненты между собой взаимодействуют очень тесно. Они зависимы друг от друга и изменения какого-либо компонента приведет к изменению кода в контроллере.

Описание предлагаемого модуля управления двигателем. Идея создания модуля заключается в соединении всех компонентов в единую систему и реализовать ее как отдельный блок. Блок в свою очередь взаимодействует с контроллером, по открытому интерфейсу. Благодаря открытому интерфейсу можно будет заменять модули.

Контроллер будет распознавать только то, что подключен модуль. Подключения будет реализоваться с помощью сети Ethernet. Тем самым создавая между системами слабую связь.

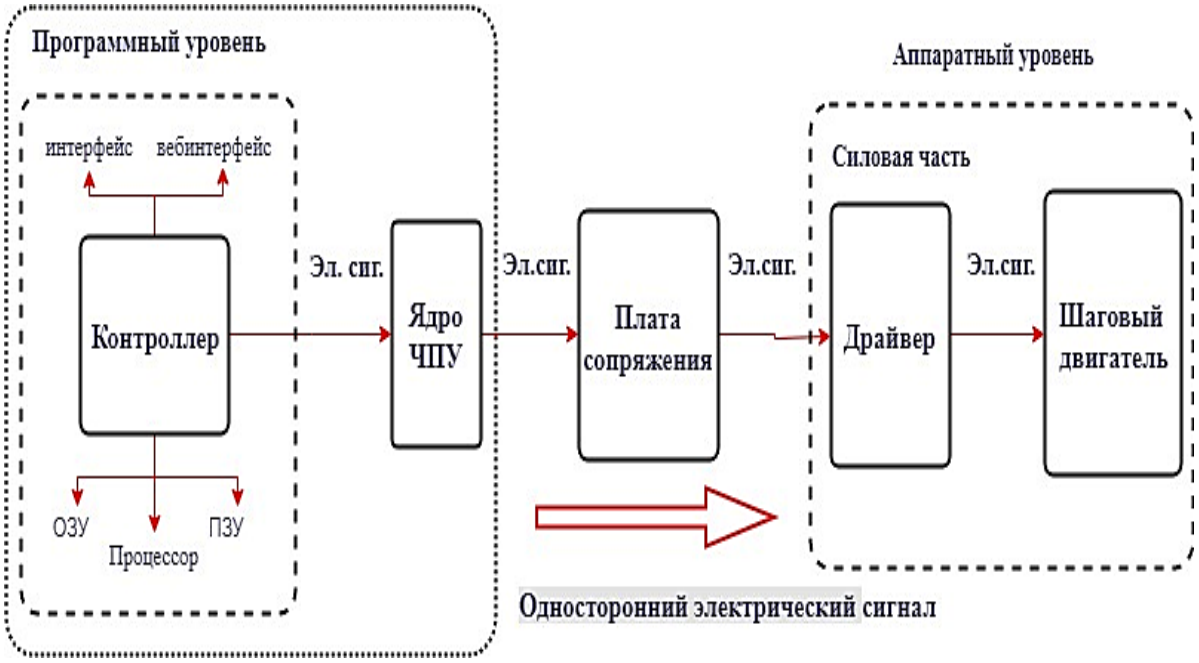


Рис. 1. Взаимосвязь действующих компонентов платформы ADAPTEQ

В данной работе мы рассматриваем создания модуля на основе микроконтроллера STM32. Данный модуль управления имеет аппаратную часть и программное обеспечение. Одним из особенности применения микроконтроллер STM32 – обмен по сети Ethernet. Для улучшения скорости обработки и точность открытой системы ЧПУ, в этом исследовании используется сеть Ethernet. Как было выше сказано связь на данный момент основывается на начальном физическом уровне. В этом уровне описывают способы передачи битов, через физические среды линий связи, соединяющие сетевые устройства. Наша задача достичь прикладного уровня. В этом уровне модуль сможет взаимодействовать по сети с пользователями. Также имеет доступ к сетевым службам, как обработчик запросов к базовым данным, доступ к файлам и т.д. Во второй главе были исследованы характеристики микроконтроллера. Микроконтроллеры STM32 имеют DSP библиотеку. Благодаря данному программному обеспечению можно на одном и том же ядре применять все преимущества STM32 для обработки сигналов и управляющих функций. Также допускается оптимизация приложении по производительности и экономить время разработки. Применение данной возможности микроконтроллера актуально среди разработки модуля управления для оборудования с ЧПУ [5].

Контроллер управляет работой силовой части драйвера, чем является четыре транзистора. В данной предложенной структуре в модуле соединены самые важные элементы, такие как: силовая часть драйвера, микрошаг, интерфейс, блок защиты и датчики. Выделяя только необходимо важные элементы, мы компонуем модуль. Далее на (рис.2) приведена скомпонованная структура предлагаемого модуля управления двигателем.

На сегодняшний день производители часто сталкиваются с непредсказуемыми изменениями на рынке. Современные производственные системы должны быстро реагировать на эти изменения и соответствовать им. Однако не всегда есть возможность переналаживать оборудования с ЧПУ. Многие производители спустя десятки лет

снимают с производство компоненты для оборудования или же вовсе перестают выпускать само оборудования. И здесь возникает проблема модернизации имеющего станка. Все компоненты станка очень тесно связаны между собой и замена их не всегда удается, ведь надо учитывать все факторы для их взаимодействия. В связи с этими обстоятельствами модульный подход для оборудования с ЧПУ является на сегодняшний день актуальной темой, которая позволяет решить выше сказанные проблемы. Данная тема активно развивается по всему миру.

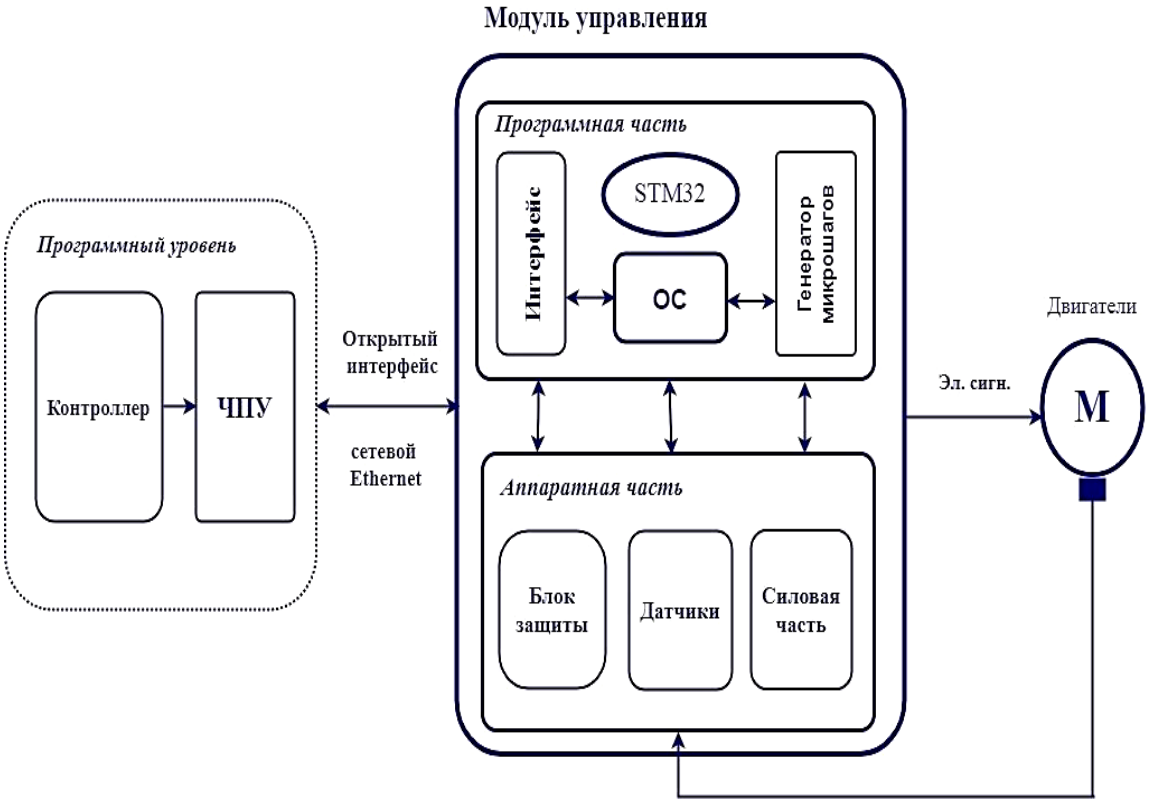


Рис. 2. Структура предлагаемого модуля управления двигателем

Заключение

Адаптивная платформа ADAPTEQ является модульной, унифицированной и легко переналаживаемой системой, однако на данный момент имеет систему управления с жестко зависимыми между собой компонентами и для решения ее были проделаны ряд работ. Предлагаемый модуль подходить под текущую систему управления с применением ШД, однако в будущем при надобности перехода к серводвигателю, данный модуль также будет подходить.

Литература

1. М.Я. Афанасьев, А.А. Грибовский Концепция адаптивной платформы технологического оборудования, СПб: Университет ИТМО, 2015. – 12 с.
2. Ekkachai K., Komin U., Chaopramualkul W., Tantaworrasilp A., Kwansud P., Seekhao P., Leelasawassuk T., Tanta-Ngai K., Tungpimolrut K. Design and development of an open architecture CNC controller for milling machine retrofitting. 2009. ICCAS-SICE

3. Dong J., Yang X., Liu Q., Wang Z., Wang T. Design and implementation of CNC controllers using reconfigurable hardware. IEEE International Conference on Control and Automation, 2009.
4. Рентюк В. Шаговые двигатели и особенности их применения. Компоненты и технологии. 2013. №10
5. Мартин Т. Микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics на базе ядра Cortex-M3 – Москва: Техносфера, 2009. – 168 с. ISBN 987-5-94836-228-1



Укконен Татьяна Игоревна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа: № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
E-mail: ukkonentatiana@gmail.com

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Т.И. Укконен
Научный руководитель – к.т.н. М.С. Белозерова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья»

В настоящее время дефицит микронутриентов широко распространен во всем мире. В Верхнем Поволжье, Карелии, Ленинградской и Псковской областях наблюдается дефицит селена и йода за счет пониженного содержания данного микроэлемента в почве. Наиболее выгодной стратегией по ликвидации дефицита микронутриентов призвано обогащение пищевых продуктов. Данной проблемой занимаются множество ученых, например: Донская Г.А. занималась вопросами обогащения селеном молока для питания детей с помощью неорганической добавки «Селексен», Попова М.Ю. – изучением возможности внесения в молочные продукты селенсодержащих добавок «Селен-актив» и «Селенпиран». В основном данная проблема решалась введением неорганических добавок селена, а именно селенитов и селенатов. В нашей работе мы планируем решить проблему дефицита селена с помощью органического селена – селенметионина и селенцистеина, содержащегося в большом количестве в бразильском орехе.

На первом этапе исследования выбиралась массовая доля бразильского ореха. Исходя из справочных данных, в 100 г бразильского ореха содержится 254 мкг селена. В качестве творожного продукта было решено взять творожный сырок массой 50 г. Для выбранной категории потребителей, а именно детей школьного возраста (11-14 лет) суточная норма в селене составляет 40 мкг.

В данной работе планировалось создать продукт с функциональным ингредиентом в составе, который покрывал бы 25% от суточной потребности детей в селене. Таким образом, количество вносимого бразильского ореха должно составлять 8% от массы творожного сырка.

На следующем этапе разработки творожного продукта производился выбор массовой доли льняного масла исходя из жирнокислотного состава бразильского ореха. Было выявлено, что в бразильском орехе содержится значительное количество ω-6 жирных кислот, а льняное масло наоборот является богатым источником ω-3 жирных кислот. Таким образом, массовая доля льняного масла подбиралась с целью создания наиболее сбалансированного по жирнокислотному составу продукта.

В табл. 1 представлены данные по содержанию жирных кислот в льняном масле и бразильском орехе, а так же нормы потребления жирных кислот для детей школьного возраста (11-14 лет) [3].

Таблица 1

Содержание жирных кислот, г/100 г липидов

Компоненты	Жирные кислоты, г				
	НЖК	МНЖК	ПНЖК	ω-3	ω-6
Льняное масло	9,58	22,45	67,56	50,19	17,36
Бразильский орех	10,05	16,30	13,66	0,02	13,64
Нормы	33,33	43,33	23,33	3,33	20,0

Для нахождения массовой доли льняного масла, подбор начинали от 2% и до 8% с шагом в 2%. На рисунке представлены данные по содержанию омега-3 и омега-6 в различных смесях льняного масла и бразильского ореха. Исходя из полученных данных, была выбрана массовая доля льняного масла равная 6%.

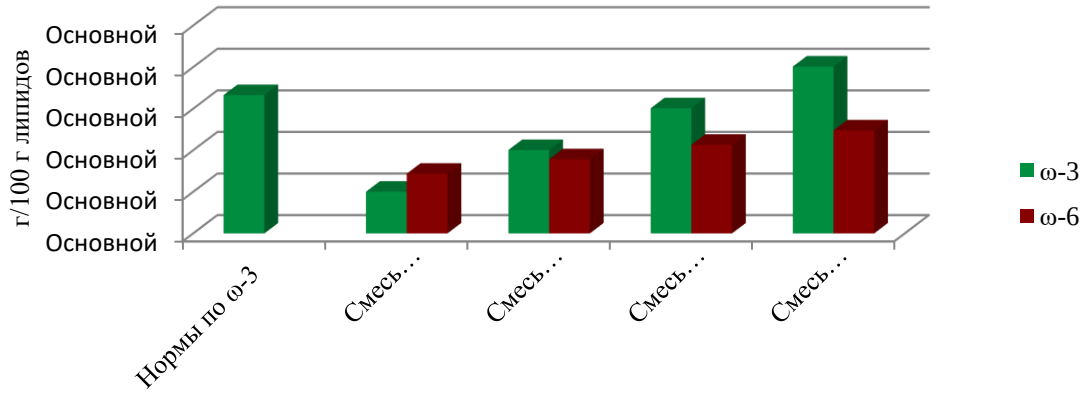


Рисунок. Содержание ω-3 и ω-6 жирных кислот в различных смесях

На следующем этапе производился выбор этапа внесения льняного масла. В начале исследования льняное масло вносили на этапе нормализации молока. Для этого расчетное количество сухого обезжиренного молока растворяли в рассчитанном количестве воды при температуре 45-50°С и оставляли на 3-4 часа для набухания белков молока, после чего пастеризовали при температуре 78-80°С. Затем готовили 3 разных исследуемых образца с массовой долей льняного масла 6%, в которые добавляли различные массовые доли соевого лецитина: 0,2%; 0,4%; 0,6% и контрольный образец.

Далее приготовленные образцы подвергали сначала грубому диспергированию на механической мешалке в течение 5 минут, после чего подогревали до температуры 60°С и проводили тонкое диспергирование на диспергаторе. Режимы диспергирования были следующими: 5 минут при скорости 13500 об/мин и 10 минут на скорости 24000 об/мин [1].

Затем, образцы оставляли на сутки в холодильнике и по истечении этого времени проверяли стойкость полученной эмульсии. По результатам исследований была выбрана массовая доля соевого лецитина – 0,6%, так как в образцах с 0,2% и 0,4% лецитина наблюдался незначительный отстой жира на поверхности смеси.

После этого проводили заквашивание образца с соевым лецитином в количестве 0,6% и льняным маслом в количестве 6% и контрольного образца. Сквашивание проводили ускоренным способом при температуре 40°С. За процессом кислотонакопления наблюдали, измеряя через каждый час титруемую кислотность образцов. Добавление льняного масла в количестве 6% оказывало небольшое замедление на процесс кислотонакопления, а весь процесс сквашивания занял 6 часов.

После сквашивания образцы разрезали на кубики шириной 2 $см^3$ и подогревали до температуры 45ºС в течение 15-20 минут с целью интенсификации процесса отделения сыворотки. Контрольный образец, содержащий только восстановленное молоко, отделил сыворотку сразу по достижении указанной температуры, а исследуемый образец с массовой долей льняного масла в количестве 6% и соевым лецитином в количестве 0,6% при данной температуре вследствие наличия соевого лецитина практически не отделял сыворотку. Таким образом, был сделан вывод, что внесение льняного масла на этапе заквашивания не рационально и было решено вносить льняное масло в готовый творог.

После выбора этапа внесения льняного масла производился подбор массовых долей остальных компонентов рецептуры. Как уже было изложено выше, творог приготавливался из восстановленного молока и закваски.

Помимо льняного масла и бразильского ореха для составления рецептуры были взяты следующие компоненты: сливочное масло для нормализации творожной массы до необходимой массовой доли жира в творожном сырке (14%), сахар-песок, какао-порошок для рецептуры № 1 и смесь корицы и ванилина для рецептуры № 2.

В рецептуру творожного сырка были выбраны следующие количества сливочного и льняного масла: 12, 10, 8 и 2, 4, 6 % соответственно.

Добавление массовой доли какао-порошка начинали от 2% до 8% с шагом в 1%, корицы – от 0,5 % до 2 % с шагом в 0,5%, ванилина – от 0,1% до 0,4% с шагом 0,1%, сахара-песка – от 10% до 16% с шагом в 2%.

После проведенных исследований было выявлено, что добавление какао-порошка в количестве больше 4% придает творожной смеси горечь, а при добавлении 2% происходит недостаточное окрашивание творожной массы. Таким образом, для рецептуры № 1 была выбрана массовая доля какао-порошка 4%.

Массовая доля сахара-песка была установлена в количестве 14%, это количество хорошо скрывает небольшую горечь какао-порошка и льняного масла, добавляет умеренную сладость продукту.

Массовую долю корицы было решено взять в количестве 1%, так как меньшее количество едва ощутимо, а большее – перебивает вкус и запах остальных компонентов, в частности и творога.

Массовая доля ванилина в количестве 0,1%, с которого начинали подбор, была недостаточно ощутима, в результате чего ее увеличили до 0,2%, большая массовая доля ванилина давала излишне выраженный вкус и запах.

Массовая доля льняного масла была в итоге взята самая минимальная из предполагаемых – 2%, так как большее количество дает специфический запах и горьковатый вкус, который трудно завуалировать остальными компонентами.

Так же параллельно с подбором массовых долей всех компонентов была определена степень дисперсности бразильского ореха. Измельчение бразильского ореха проводили до степени дисперсности 1-2 мм и 3-4 мм. По результатам органолептической оценки, была выбрана степень дисперсности равная 1-2 мм, так как данный размер частиц бразильского ореха более равномерно распределяется по всему объему творожного сырка.

После подбора массовых долей компонентов рецептур проводили органолептическую оценку образцов. По результатам дегустации была выбрана в качестве основной рецептура № 2, содержащая в своем составе корицу и ваниль. Связано это с тем, что корица и ваниль полнее скрывают горечь и специфический запах льняного масла.

В табл. 2 представлена разработанная рецептура творожного сырка в расчете на 1000 кг.

Таблица 2

Рецептура на 1000 кг продукта (без учета потерь)

Компоненты, кг	Рецептура, на 1000 кг продукта
Творог	628,0
Сахар-песок	140,0
Сливочное масло	120,0
Бразильский орех	80,0
Льняное масло	20,0
Корица	10,0
Ванилин	2,0
Итого:	1000,0

Для оценки биологической ценности белковой составляющей рассчитывался аминокислотный скор творожного продукта, коэффициент различий аминокислотного скора (КРАС) и биологическая ценность. Данные представлены в табл. 3. Исходя из полученных данных видно, что разработанный продукт является биологически полноценным, так как не имеет в своем составе лимитирующих аминокислот [2].

Таблица 3

Биологическая ценность разработанного продукта

Аминокислоты	Аминокислотный скор, %	КРАС, %	БЦ, %
Гистидин	181,66	50,72	49,28
Изолейцин	147,56		
Лейцин	171,25		
Лизин	134,73		
Метионин+цистеин	146,90		
Фенилаланин+ тирозин	221,12		
Треонин	162,12		
Триптофан	227,07		
Валин	116,99		

Для определения биологической ценности липидной составляющей проводили расчет по содержанию жирных кислот в разработанном продукте и оценивали его жирнокислотную сбалансированность. Данные представлены в табл. 4 [2].

Из табл. 4 видно, что внесение в состав творожного сырка льняного масла помогает корректировать жирнокислотный состав разработанного продукта по омега-3, увеличивая тем самым его жирнокислотную сбалансированность.

Энергетическая ценность 100 г продукта составляет 261,69 ккал.

Для разработанного продукта определяли физико-химические и микробиологические показатели. Влага в разработанном продукте составляет 53,69%, титруемая кислотность – 212°Т, массовая доля жира – 14,1%. Количество молочнокислых микроорганизмов – $1{,}1 \cdot 10^6$ КОЕ/см^3, БГКП – не обнаружены, количество дрожжей – 25 КОЕ/см^3, плесеней – 10 КОЕ/см^3.

Таблица 4

Содержание жирных кислот в разработанном продукте

Продукт	Жирные кислоты, г/100 г липидов					R_L	
	НЖК	МНЖК	ПНЖК	ω-3	ω-6	i=3	i=5
Творожный сырок	4,92	3,67	2,49	1,012	1,517	0,110	0,125
Творожный сырок (без льняного масла)	4,73	3,22	1,18	0,01	1,17	0,081	0,039

Литература

1. Забодалова, Л.А. Изучение структурных особенностей молока и молочных продуктов с помощью реологических методов: методические указания / Л.А. Забодалова, А.М. Маслов. – Л.: ЛТИХП, 1987. – 30 с.
2. Надточий, Л.А., Орлова О.Ю. Инновации в биотехнологии. Часть 2. Пищевая комбинаторика: Учебно-методическое пособие – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 43 с.
3. Скурихин, И.М., Волгарева М.Н. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2. – М.: ВО «Агропромиздат». – 1987. – 361 с.



Функнер Анастасия Александровна
Год рождения: 1993
Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра высокопроизводительных вычислений,
группа № М4218с
Направление подготовки: 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: funkner.anastasia@gmail.com

УДК 004.852

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ ПУТЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ РАЗНОРОДНОСТИ ПОТОКА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СЛУЧАЕВ ОСТРОГО КОРОНАРНОГО СИНДРОМА

А.А. Функнер
Научный руководитель – к.т.н. С.В. Ковальчук

Работа выполнена в рамках темы НИР № 715788 «Информационная технология обеспечения жизненного цикла систем поддержки принятия решений нового поколения для задач персонифицированной медицины».

В 2008 году был предложен новый подход в медицине, основанный на четырех принципах: профилактика заболеваний, персонализация, возможность предсказывать течение болезни и активное участие самого пациента в процессе лечения и профилактики [1]. Один из способов повысить уровень персонализации – это классифицировать пациентов не только на основе их диагнозов, но и разделять их внутри диагноза на характерные группы, например, на основе их клинических путей. Это позволит оказывать особое внимание пациентам внутри одной группы согласно их особенностям и подобрать более точное лечение в рамках группы, а не диагноза. Также, зная параметры, характерные для групп, можно предсказывать течение болезни и определять вероятности разнообразных исходов при наличии прецедентов для каждой группы. Разделение пациентов на группы позволит оптимизировать использование ресурсов медицинских учреждений, что соответствует принципам развивающегося ценностно-ориентированного подхода в медицине [2]. Целью данной исследовательской работы является разработать универсальные методы структурирования пространства клинических путей, что позволит идентифицировать клинические пути и разделить пациентов на характерные группы.

Один из способов описать, что, где и как происходит с пациентом в больнице и клинике – это составить его клинический путь (clinical pathway). У данного понятия нет четкого определения: его определение зависит от страны, к которой относится клиника или больница; от университета или ученного, которые используют его в своих исследованиях. Однако можно определить общие характеристики: клинический путь подчиняется какой-то цели и содержит в себе ключевые моменты лечения и ухода за больным; клинические пути определяются в соответствии с успешными передовыми практиками и ожиданиями пациентов; клинический путь должен включать в себя этапы документирования, текущего контроля и поддерживать вариативность развития событий; также при составлении клинического пути необходимо принимать во внимание доступные ресурсы. Целью создания клинических путей является развитие качества обслуживания в медицинских учреждениях, уменьшение рисков неблагоприятных

событий, повышение уровня удовлетворенности пациентов и оптимизация использования ресурсов [3]. Существующие методы идентификации и кластеризации клинических путей обычно строго направлены на идентификацию и кластеризацию клинических путей какого-то определенного лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) или для больных с определенным заболеванием. В данной работе представлены три универсальных алгоритма для выявление клинических путей на основе любых последовательных непересекающихся состояний пациента.

На вход предложенным алгоритмам подаётся множество цепочек, каждая из которых является последовательностью изменений состояний одного пациента. Состояниями могут быть отделения, в которых пребывал пациент, диагнозы или события, которые происходили с пациентом в медицинском учреждении. Результатом работы алгоритмов являются кластера пациентов и структурированные типичные клинические пути для каждого кластера. Все алгоритмы имеют общую схему работы и отличаются на некоторых этапах:

1. сбор последовательности состояний, восстановление их структуры;
2. кластеризация последовательности состояний методом k-средних (1, 2) или на основе эволюционных шаблонов (3);
3. поиск обобщающих шаблонов: подбор экспертом (1) или с помощью генетического алгоритма (2, 3);
4. структурирование клинических путей;
5. интерпретация полученных клинических путей.

В первом и втором алгоритмах метод k-средних ищет лучшее расположение центров кластеров в пространстве входных данных таким образом, чтобы расстояния от точки до центра кластера было минимально для всех кластеров. В нашем случае входные данные – это множество последовательностей, а расстояние между последовательностями может быть найдено с помощью расстояния Левенштайна. Расстояние Левенштайна позволяет определять расстояние между строками разной длины, вычисляя, какое количество удалений, вставок и замен символов необходимо провести, чтобы первую строку превратить во вторую. На вход методу k-средних подаётся матрица расстояний для последовательностей, а также число кластеров. Число кластеров можно определить с помощью несколько кластерных метрик. В данном исследовании использовалась метрика, которая есть отношение внутрикластерной и межкластерной метрики.

Далее необходимо определить основные паттерны поведения пациентов внутри каждого кластера: нужно обобщить все пути пациентов. Для этого подбирается шаблон для каждого кластера, который есть обобщение группы последовательностей состояний и позволяет выявить особенности каждого кластера. В случае первого алгоритма шаблон подбирается медицинским экспертом, а для второго и третьего алгоритмов шаблоны выращиваются автоматически с помощью генетического алгоритма.

Для определения обобщающего шаблона необходимо решить задачу поиска кратчайшей общей надстроки, которая не решается за полиномиальное время. В данном случае, для нахождение наилучшего шаблона для определенного множества последовательностей состояний можно решить задачу многокритериальной оптимизации. Для решения этой задачи используется генетический алгоритм, так как он подходит для поиска глобального экстремума и его можно модифицировать для решения задач многокритериальной оптимизации.

Определим функция выравнивания $V = V(T, B)$, которая по выбранному шаблону $T \in \Omega$ и множеству последовательностей B определяет количество последовательностей, которое нельзя выровнять по данному шаблону T. Определим функцию длины шаблона $L = L(T)$, которая выбранному шаблону $T \in \Omega$ ставит в соответствие его длину. Тогда функции V и L являются целевыми, и задача многокритериальной оптимизации

формулируется следующем образом:

$$\min_{T\in\Omega}\{V(T,B),L(T)\}. \quad (1)$$

Далее с помощью генетического алгоритма найдём решения (1) оптимальные по Парето. Решение $\hat{T} \in \Omega$ называется оптимальным по Парето, если не существует $T \in \Omega$ такого, что $f_i(T) \leq f_i(\hat{T})$ для всех $i = \overline{1,k}$ и $f_i(T) < f_i(\hat{T})$ для хотя бы одного i. Функции f_i – это целевые функции. Также данное определение сформулировано для задачи минимизации всех целевых функций. Множество оптимальных по Парето решений называется фронтом.

Для генетического алгоритма необходимо определить вид генотипов, функции приспособленности и способы скрещивание, мутации и селекции генотипов. В нашем случае генотипами являются шаблонами. Начальная популяция генотипов формируется случайным образом на основе всех состояний, которые встречаются в множестве B. Функция приспособленности в данном случае является вектор-функцией и состоит из двух компонентов: функции выравнивания и функции длины.

Селекция происходит на основе определения фронта Парето: решения лежащие на фронте Парето определяются как самые приспособленные, становятся родителями и остаются в популяции вместе с новым поколением. Скрещивание и получение генотипов нового поколения происходит на основе кроссинговера. Мутации генотипов происходят по тому же принципу, что и в геномах живых организмов. Используется три вида мутации: инсерция, делеция и замена. Результат работы генетического алгоритма является множество шаблонов, являющихся фронтом Парето в последнем поколении.

Получив решения из фронта Парето, необходимо выбрать наиболее значимые из них. Chaudari и др. предлагают выбирать значимые решения на основе кластеризации [4].

В третьем алгоритме не используются методы кластеризации машинного обучения. Сначала выращиваются с помощью генетического алгоритма шаблоны, из них выбираются наиболее значимые, а затем определяется, под какой шаблон какой пациент подходит.

После определения шаблона клинические пути структурируются с помощью графа для каждого кластера. На рисунке показаны три наиболее многочисленных кластера, полученных с помощью второго алгоритма.

В рамках данной работы были разработаны три метода идентификации и кластеризации клинических путей. Данные методы отличаются в способе кластеризации и определения шаблонов для структурирования. Были проведены экспериментальные исследования на выборке пациентов с острым коронарным синдромом. С помощью первого метода идентификации были получены 10 кластеров пациентов, которые были легко интерпретированы медицинским экспертом. С помощью второго метода были получены похожие результаты, однако данный метод работает без участия человека, что позволяет сделать его частью автоматической системы моделирования процессов здравоохранения и медицины. Третий метод показал лучшие результаты согласно кластерным метрикам и смог идентифицировать клинические пути для всех пациентов кроме одного. Также третий метод работает автоматически, без участия человека, но полученные в результате кластеры трудно поддаются интерпретации. Данный метод может быть улучшен с помощью добавления новых целевых функций к задачи многокритериальной оптимизации, которая решается с помощью генетического алгоритма.

Также, полученные кластеры клинических путей были использованы для имитационного моделирования работы медицинского центра. С помощью разработанной дискретно-событийной модели можно оценивать используемые ресурсы,

искать «узкие места» в работе ЛПУ и планировать ресурсы. В данном исследовании был описан эксперимент, в котором с помощью имитационной модели было выбрано оптимальное количество операционных для больницы. Также, было показано, что учёт разнородности потока пациентов позволяет улучшить имитационную модель.

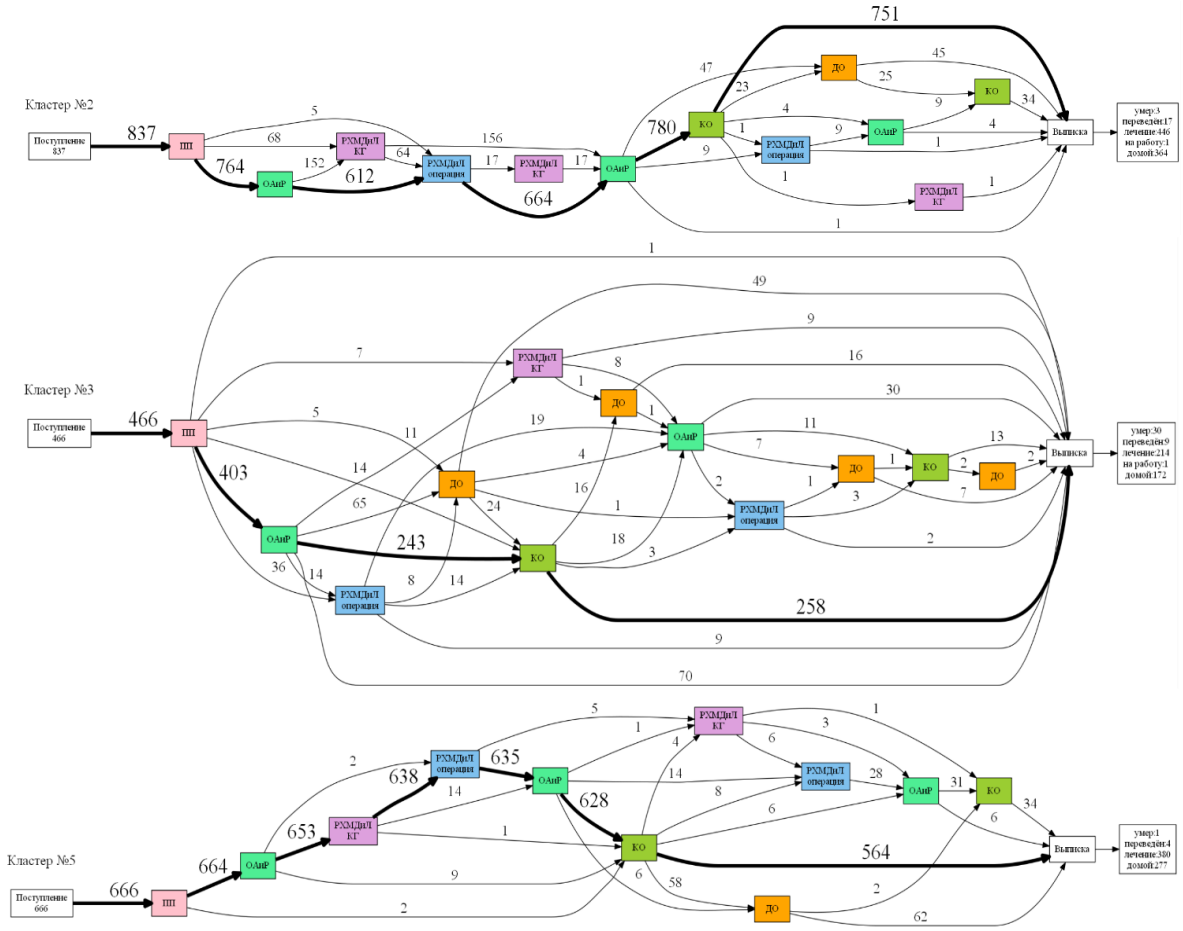


Рисунок. Наиболее многочисленные кластера №2, №3 и №5, полученные с помощью эволюционных шаблонов клинических путей (алгоритм №2)

Описанные методы идентификации клинических путей, а также разработанная имитационная модель могут стать основой для системы поддержки принятия решений в ЛПУ. Такая система могла бы в режиме реального времени идентифицировать клинические пути пациентов, что позволило бы планировать ресурсы больницы, составлять расписание медицинского персонала и искать «узкие места» в работе ЛПУ. Кроме того, зная, какие клинически пути возможны для пациента рассматриваемого медицинского учреждения с некоторым диагнозом, можно разработать СППР для предсказания развития клинического пути конкретного пациента. Принципы работы такой системы были разработаны и описаны в [5].

Литература

1. Hood L.E., Galas D.J. P4 Medicine: Personalized, Predictive, Preventive, Participatory A Change of View that Changes Everything. 2008.
2. Brown G.C. Value-based medicine: the new paradigm. // Curr. Opin. Ophthalmol. 2005. Vol. 16, № 3. P. 139–140.
3. De Bleser L. et al. Defining pathways. // J. Nurs. Manag. 2006. Vol. 14, № July. P. 553–563.

4. Chaudhari P., Dharaskar R., Thakare V.M. Computing the Most Significant Solution from Pareto Front obtained in Multi-objective Evolutionary // Ijacsa. 2010. Vol. 1, № 4. P. 63–68.
5. Funkner A.A., Yakovlev A.N., Kovalchuk S. V. Data-driven modeling of clinical pathways using electronic health records // Procedia Computer Science. 2017. Vol. 121. P. 835–842.



Харба Разан
Год рождения: 1989
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
группа № 4217
Направление подготовки: 19.04.02 – Биотехнология алкогольных, слабоалкогольных и безалкогольных напитков
e-mail: razan.harbah@mail.ru

УДК 663.127

СТИМУЛИРОВАНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПУТЕМ ВНЕСЕНИЯ В ПИТАТЕЛЬНУЮ СРЕДУ ВИТАМИНОВ

Р. Харба
Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.В. Меледина

Исследование включало изучение стимуляции метаболической активности пивных дрожжей путем внесения витамина D_3 и биотина в питательную среду и с использованием физического метода стимуляции электрическими волнами.

Ключевые слова: дрожжи Saccharomyces cerevisiae, биотин, витамин D_3, эргостерол, экономический коэффициент, скорость размножения дрожжей.

Энергетический обмен дрожжей, связанный с интенсивным биосинтезом клеточных мембран клеток, определяет эффективность накопления биомассы. Синтез клеточных мембран связан с жировым обменом поскольку основными компонентами, входящими в состав мембран, являются жирные кислоты, стеролы и прежде всего эргостерол. Эргостерол составляет основную массу стеролов, синтез которого связан с наличием в среде растворенного кислорода [1].

В свою очередь биосинтез жирных кислот, входящих в состав мембран всех клеточных структур, зависит не только от наличия в среде культивирования растворенного кислорода, источников углеродного и азотного питания, минеральных соединений, но и от наличия биотина, который входит в состав некоторых ферментов, например, пируваткарбоксилазы и ацетил-S-КоА-карбоксилазы, являющимся ключевым ферментом для синтеза жирных кислот. Недостаток количества биотина в среде культивированияп приводит к нарушению всех видов обмена: белкового, жирового и углеводного обмена [2]. В отсутствии кислорода жировой обмен в клетках регулирует эргостерол – провитамин D_3.

В качестве дополнительного стимулирования в работе использовались такие методы биостимуляции, как электрохимические и электрические методы, что позволяет увеличить выход биомассы [3].

В работе дрожжи Saccharomyces cerevisiae штамм WB-06 культивировали по принципу простой периодической культуры без принудительной подачи воздуха. Температура культивирования 30 °С. Биотин вносили из расчета 0,1 мг/100 г абсолютно сухой биомассы дрожжей (АСБ). Витамин D_3 из расчета 200 мг/100 г АСБ. А также изучали влияние электрических волн с различными частотами (500, 1000, 1500 кГц). В качестве источника электрических волн использовали прибор, разработанный проф. В.И. Заремба. Метаболическая активность дрожжей определялась путем оценивания жизнеспособности дрожжей. Накопление биомассы (содержание абсолютно сухих

веществ биомассы – X, г) определяли весовым способом после высушивания суспензии промытых дрожжей до постоянного веса при 105°С. Содержание сухих веществ в питательной среде (S, г/100см^3) определяли с помощью рефрактометра Index instrument PTR46.

Эффективность процесса оценивали по:

1. Экономический коэффициент [4], рассчитанному по формуле:

$$Y = \left(\Delta X / \Delta S\right) \times 100\%, \quad (1)$$

где ΔX – прирост биомассы, г; ΔS – расход сухих веществ среды, г.

2. Удельная скорость размножения дрожжей [4], рассчитанная по формуле:

$$\mu = \ln \frac{x}{x_0} \times \tau^{-1}, \quad (2)$$

где X_0 – содержание АСБ в момент засева, г; X – содержание АСБ через время τ, г; τ – длительность процесса культивирования, ч.

1. Работа состоит из трех части. Первая часть – изучение влияния биотина и витамина D_3 на экономический коэффициент и жизнедеятельность дрожжей проводился с использованием трех образцов. Для выполнения работы готовили следующие образцы: культивирование в среде, без добавления биотина и витамина D_3;
2. культивирование в среде с добавлением биотина, но без добавления витамина D_3;
3. культивирование в среде с добавлением витамина D_3, но без добавления биотина.

Таблица 1

Показатели процесса культивирования

№ вар.	τ, ч	S, г/100см^3	X, г/100см^3	ΔS, г	ΔX, г	Y, %	μ, ч$^{-1}$
1		1,7	$15{,}9*10^{-2}$				
2	0	1,7	$16{,}0*10^{-2}$				
3		1,7	$15{,}9*10^{-2}$				
1		0,9	$17{,}6*10^{-2}$	0,8	$1{,}7*10^{-2}$	2,1	$16{,}7*10^{-3}$
2	6	0,9	$18{,}0*10^{-2}$	0,8	$2{,}0*10^{-2}$	2,5	$18{,}3*10^{-3}$
3		0,8	$19{,}8*10^{-2}$	0,9	$3{,}9*10^{-2}$	4,3	$36{,}7*10^{-3}$
1		0,7	$20{,}0*10^{-2}$	1,0	$4{,}1*10^{-2}$	4,1	$9{,}6*10^{-3}$
2	24	0,8	$22{,}4*10^{-2}$	0,9	$6{,}4*10^{-2}$	7,1	$14{,}2*10^{-3}$
3		0,5	$26{,}6*10^{-2}$	1,2	$10{,}7*10^{-2}$	8,9	$21{,}3*10^{-3}$

Для культивирование дрожжей использовали модифицированную синтетическую стерильную среду следующего состава на 1дм^3: 20 г глюкозы, 2 г лимонной кислоты, 1,0 г $(NH_4)_2SO_4$, 2,2 г Na_2HPO_4, 0,6 г KCl, 0,5 г $MgSO_4{\cdot}7H_2O$, 0,1 г $CaC1_2{\cdot}6H_2O$, 0,5 г H_3BO_3, 0,4 г $ZnSO_4{\cdot}7H_2O$, 0,2 г $FeCl_3{\cdot}6H_2O$, 0,2 г $MnSO_4{\cdot}5H_2O$, 0,1 г KI, 0,1 г $CuSO_4{\cdot}5H_2O$, 0,3 г фолиевой кислоты и 0,6 г пантотената кальция [5]. Засев

30± 5 млн/мл. Анализ проводили в начале культивирования, через 6 часов и через 24 часа от начала культивирования. В ходе исследования определяли содержание сухих веществ в питательной среде (г/100см3), а также накопление биомассы (г). Полученные результаты представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных показал, что удельная скорость размножения дрожжей через 24 ч культивирования в среде с добавлением витамина D_3 в 1,5 раза выше, чем в образце с добавлением биотина и в 2,2 раза выше, чем в среде без добавок. Экономический коэффициент через 24 ч культивирования процесса, протекающего в среде с добавлением витамина D_3, в 1,2 раза увеличился, а в среде с добавлением биотина в 2,17 раза превышает значение этого показателя для культивирования в среде без добавок.

Вторая часть – изучение влияния витамина D_3 на метаболизм жирных кислот и стеролов. Процесс культивирования дрожжей проводился в течение 5 дней; в качестве питательной среды использовали пшеничное сусла с начальным содержанием сухих веществ 12,7% готовилось из концентрата. Засев составлял 11,5 ± 3 млн/ мл. были рассмотрены следующие образцы:

1. культивирование дрожжей без добавления;
2. с добавлением витамина.

Количество жирных кислот и стерола в дрожжевых клетках определялось методом газовой хроматографии. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание липидов и стерола в дрожжевых клетках

№ вар.	Содержание влажности, %	Содержание липидов, % СВ	Содержание стерола, % СВ
№1	24,5	0,09	0,014
№2	23,7	0,01	0,018

Третья часть исследования – изучение влияния электрических волн на жизнеспособность дрожжей и экономический коэффициент (У%). В качестве питательной среды использовалось сусло с начальным содержанием сухих веществ 12,7 г/100см^3, засев составлял 34±5 млн/мл. Для изучения влияния электрических волн сначала готовились два образца:

1. культивирование в среде без добавления стимуляторов и без обработки электрическими волнами;
2. культивирование в среде без стимуляторов, но с обработкой электрическими волнами.

Удельная скорость размножения и экономический коэффициент определялись в начале культивирования и через 6, 20, 24 часа от начала культивирования. Анализ показал, что обработка электрическими волнами 500 и 1000 кГц положительно влияет на метаболическую активность, а следовательно, на жизнедеятельность дрожжей. В свою очередь увеличение частоты электрических волн до 1500 кГц привело к уменьшению экономического коэфициента на 16 % через 20 часов и к незначительному уменьшению на 6% через 24 часа культивирования.

Также изучалось влияние электрических волн с различными частотами на дрожжей с добавлением в среду стимуляторов.

Для этого было приготовлено три образца:

1. культивирование в среде, без добавления стимуляторов, но с обработкой электрическими волнами;

2. культивирование в среде с добавленем биотина и с обработкой электрическими волнами;
3. культивирование в среде с добавленем витамина D_3 и с обработкой электрическими волнами.

Во время культивирования определялись удельная скорость размножения и экономический коэффициент и анализ проводили в начале культивирования и через 6,20 и 24 часа от начала культивирования. Полученные результаты показали, что добавление стимуляторов в питательную среду с обработкой электрических волн с частотой 500 и 1000 кГц привело к увеличению значения экономического коэффициента и удельной скорости размножения дрожжей Значение экономического коэффициента и удельной скорости размножения было больше всего в образцах, обработанных электрическими волнами частотой 1000 кГц с добавлием витамина D_3 (рисунок).

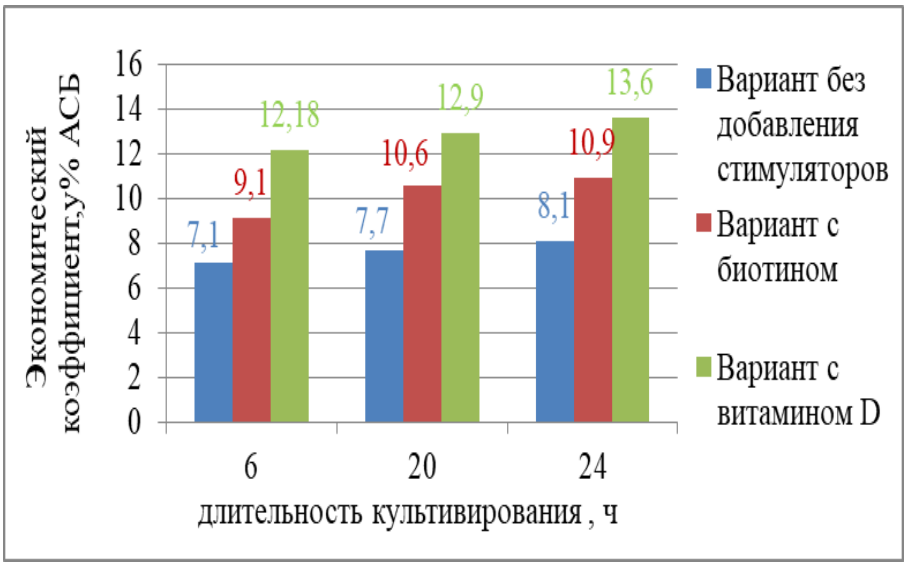


Рисунок. Влияние электрических волн с частотой 1000 кГц на экономический коэффициент в образцах с добавлением стимуляторов

Вывод

Как видно по вышеописанному анализу добавление витамина D_3 положительно влияет на жизнедеятельность дрожжей. Интересно, что потребление витамина дрожжами не подразумевает присутствия в среде растворенного кислорода, что открывает дополнительные преимущества использования данного ингредиента в условиях мини-пивоварен с исключением процесса аэрации. Также при изучении влияния влияния витамина D_3 на метаболизм жирных кислот и стеролов, полученные результаты показали, что количество стеролов и липидов увеличивалось в дрожжах, выращенных на среде с добавлением витамина D_3 на 28,5 % и 22,2 %. Использование биотина в среде в качестве кофактора продемонстрировало положительное влияние на жизнедеятельность дрожжей. В то время как, литературные данные свидетельствуют о том, что содержание в сусле биотина достаточно для размножения дрожжей [2]. Проведенные исследования показали, что добавление биотина в питательную среду положительно влияет на размножение и выход биомассы дрожжей Saccharomyces cerevisiae. Обработка электрическими волнами с частотой 500 и 1000 кГц положительно влияет на рост и размножение дрожжей, что соответственно приводит к увеличению экономического коэффициента. В свою очередь увеличение частоты до 1500 кГц отрицательно влияет на рост и размножение дрожжей.

Литература

1. I. S. Ishtar Snoek. ,H. Yde Steensma. Factors involved in anaerobic growth of Saccharomyces cerevisiae. Yeast, 2007.1–10.
2. Аннемюллер Г., Мангер Г. – Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении – Пер. с англ. Под научн. ред. С. Г. Давыденко. – СПб.: ИД Профессия, 2015. – 428с., табл.
3. Ryan W. Hunt ., Andrey Zavalin ., Ashish Bhatnagar., Senthil Chinnasamy and Keshav C. Das. Electromagnetic Biostimulation of Living Cultures for Biotechnology, Biofuel and Bioenergy Applications // Int. J. Mol. Sci. – 2009. –10, 4515-4558.
4. Меледина Т.В., Иванова В.А., Федоров А.В. Аппаратурно–методическая база экспериментов в области пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 60 с.
5. Mizunaga, T., Kuraishi, H., Aida K. Levels of biotin enzymes during unbalanced growth and death of biotin–deficient yeast cells // J. Gen. Appl. Microbiol. – 1973. – V. 19. – P. 1–9.



Шаламов Вячеслав Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра компьютерных технологий,
группа № М4239
Направление подготовки: 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: shalamov@rain.ifmo.ru

УДК 004.85

НАСТРОЙКА ГИПЕРПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

В.В. Шаламов
Научный руководитель – к. ф.-м. н., доцент А.А. Фильченков

Работа выполнена в рамках темы НИР № 718574 «Методы, модели и технологии искусственного интеллекта в биоинформатике, социальных медиа, киберфизических, биометрических и речевых системах».

Задача кластеризации – это задача поиска похожих объектов среди заданного множества. Основная цель кластеризации – обнаружение естественных структур в данных.

Эта задача повсеместно распространена во многих областях, таких как психология, биология, распознавание образов, обработка изображений, компьютерная безопасность и других. В зависимости от применения, то, что мы понимаем под словом «кластер», будет отличаться. Определение кластеров и методология измерения качества кластеризации также может варьироваться.

Исследователи, которые применяют кластеризацию на практике, часто хотят знать, являются ли кластеры, которые они получают, осмысленными с точки зрения исследуемой предметной области и соответствуют ли они истинным связям между объектами. Исследователи в области кластеризации заинтересованы в том, чтобы понять, какие алгоритмы кластеризации лучше справляются с поиском истинных кластеров в данных.

Общепринятым является то, что не существует однозначного определения, что такое кластер, и в большинстве статей, в которых предлагаются новые методы анализа кластеров, авторы не дают однозначного формального определения «истинных» кластеров и что же их метод должен обнаруживать.

Алгоритмы кластеризации, как и остальные алгоритмы машинного обучения, выдают разный результат на одних и тех же данных. Более того, качество работы отдельного алгоритма кластеризации очень сильно зависит от выбранных гиперпараметров.

В реальной жизни задача выбора алгоритма и настройки его гиперпараметров зачастую выполняется экспертами вручную, на что требуется много времени и человеческих ресурсов. Изначально этот подход был оправдан, так как вычислительные ресурсы доступных компьютеров были невелики. В современном мире вычислительных мощностей хватает, чтобы автоматизировать данный процесс. Автоматизация позволяет существенно сэкономить человеческие усилия и освободить время экспертам для фокусировки на более сложных и важных задачах.

Цель данной работы – предложить и реализовать метод, который бы позволил по набору данных автоматически определить наиболее подходящий алгоритм

кластеризации и настроить его гиперпараметры за определенный временной промежуток.

Мы ставим перед собой задачу разработки подхода, который позволил бы производить выбор модели алгоритма кластеризации и настройку ее гиперпараметров более эффективно, чем базовый метод полного перебора.

У задачи кластеризации не существует общепризнанного определения, что не удивительно при таком количестве разнообразных применений [1]:

- определение видов растений и животных в биологии;
- медицинская классификация болезней;
- обнаружение и сегментация отложений и периодов в археологии;
- сегментирование изображений и распознавание образов;
- изучение социальной стратификации;
- сегментирование рынка;
- эффективная организация баз данных для поисковых запросов.

Существуют также обобщенные задачи в различных областях, для которых также может применяться кластеризация:

- разверточный анализ данных, поиск «интересных» закономерностей без заранее известной интерпретации. Такие закономерности потенциально создают новые исследовательские задачи и порождают гипотезы.
- сокращение информации и структурирование множества сущностей из произвольной предметной области для упрощения, более эффективной коммуникации и доступа при дальнейшем анализе.
- исследование соответствия кластеризации определенных данных другим способам группировки и естественным характеристиками.

Задача кластеризации относится к обучению без учителя (англ. unsupervised learning), так как уже размеченного набора данных не предоставляется.

Введем ее формальное определение [1]. Обозначим за X набор данных из N объектов, представленных как векторы в F-мерном пространстве: $X=\{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$ из R^F. Разбиением или кластеризацией X является множество не пересекающихся кластеров, которые разбивают X на K групп: $C=\{c_1, c_2, \ldots, c_K\}$, где подмножества объектов c_i не пересекаются.

Решение задачи кластеризации принципиально неоднозначно, так как существует много критериев оценки качества кластеризации, а число кластеров обычно заранее не известно.

Цели кластеризации:

- упростить дальнейшую обработку данных;
- сократить объем хранимых данных;
- выделить нетипичные объекты;
- построить иерархию множества объектов.

В данной работе мы хотим предложить и реализовать метод, который бы позволил по набору данных автоматически определить наиболее подходящий алгоритм кластеризации и настроить его гиперпараметры за определенное время.

Рассмотрим так называемый «последовательный метод». Определим временной бюджет, который доступен нашему фреймворку для оптимизации гиперпараметров, как T, и будем измерять его в секундах. Сведения о машинах, на которых производятся эксперименты, представлены ниже. На других вычислительных устройствах и архитектурах, абсолютное количество секунд, необходимых для того или иного действия, будет естественным образом отличаться, однако относительное количество потраченного времени будет сохраняться. Наша задача здесь – распределить доступный временной бюджет T между моделями и осуществлять их настройку в рамках доступных им ресурсов. Схема данного подхода представлена (рис. 1).

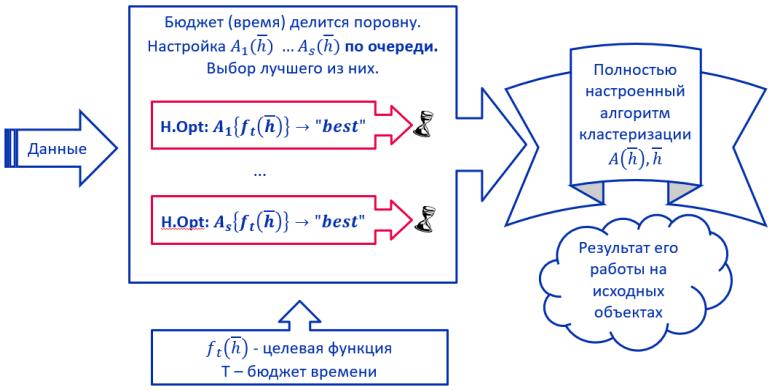


Рис. 1. Последовательный метод

Нельзя заранее предсказать, какие значения функционала качества (значения мер) будут достигать алгоритмы настраиваемых моделей при кластеризации конкретных данных. Если разделить временной бюджет поровну между процессами настройки, то большая часть времени окажется в итоге потраченной на неэффективные модели, но узнать это можно только по завершении всего процесса оптимизации. С другой стороны, если определить все ресурсы модели, алгоритмы которой показывают в самом начале хорошие результаты, можно легко выкинуть из рассмотрения лучшие алгоритмы других моделей, на настройку которых времени выделено не будет [4 – 5].

Таким образом, появляется необходимость в поиске компромисса между запуском процессов настройки для всех моделей («исследованием») и запуском процесса настройки только одной модели («эксплуатацией»).

Поиск подобного компромисса может быть произведен посредством обучения с подкреплением.

В данной работе мы воспользовались решением задачи о многоруком бандите [2] для поиска данного компромисса, как частным случаем обучения с подкреплением. В данном случае нам не важно, какой именно алгоритм оптимизации гиперпараметров использовать. Исследование нацелено на выявление лучшей стратегии распределения времени между моделями кластеризации. Схема данного подхода с использованием обучения с подкреплением представлена на рис. 2.

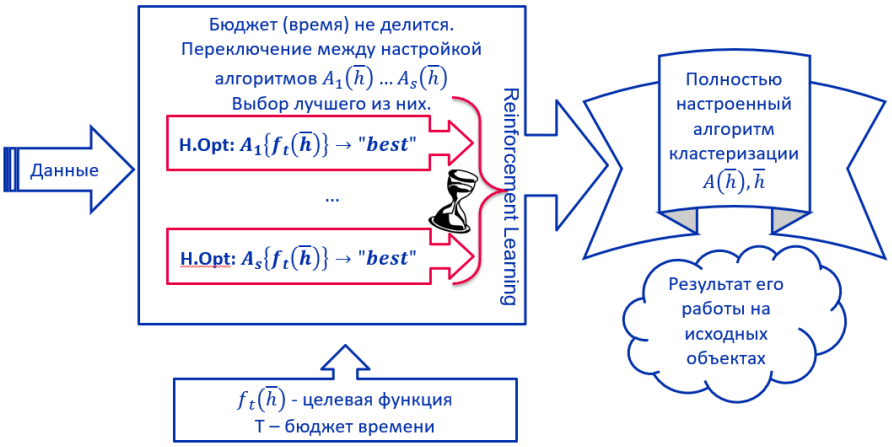


Рис. 2. Метод обучения с подкреплением

На разных наборах данных время, необходимое на один запуск алгоритма кластеризации и на одно вычисление меры качества может значительно отличаться. Оно зависит как от размера набора данных – не только от числа объектов, но и от числа их признаков – так и от конкретного набора гиперпараметров, то есть выбранной конфигурации.

Если разделить временной бюджет на фиксированные промежутки и выделять их по одному алгоритму оптимизации гиперпараметров (в данном случае SMAC [3]), то весь процесс становится непредсказуемым и практически хаотичным. В такой ситуации невозможно проконтролировать, сколько рассмотрено конфигураций, была ли рассмотрена хоть одна конфигурация, и так далее. Поэтому нам необходимо организовать распределение временного бюджета лучшим образом нежели выделять куски времени фиксированного размера.

Алгоритм SMAC на каждом шаге работает приблизительно следующим образом:

- генерируется множество из E (expansion) конфигураций – элементов из пространства гиперпараметров выбранного алгоритма.
- полученные конфигурации сортируются по убыванию значения ожидаемого улучшения, формула которого представлена ниже;
- для первых B (batch) конфигураций считается значение целевой функции (меры качества кластеризации);
- наилучшее среди полученных значений и значения с прошлой итерации запоминаются и переносятся на следующую итерацию. Схема работы представлена на рис. 3.

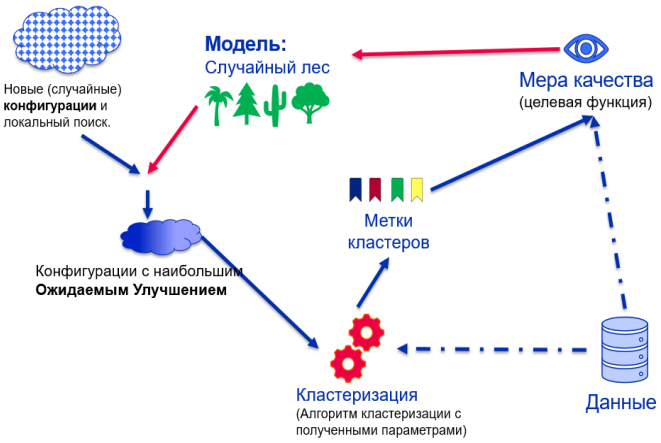


Рис. 3. Схема работы одной итерации
алгоритма SMAC в случае задачи кластеризации

Мы рассматриваем различные стратегии работа алгоритма о многоруком бандите, проводим множество сравнений и экспериментов на нескольких мерах оценки качества кластеризации. В частности, это такие меры как Calinski-Harabasz, Silhouette, sym, cop, os, gd41.

Наилучшие результаты продемонстрировали стратегии из группы, где награда на каждой итерации определялась наибольшей предсказанной величиной ожидаемого улучшения для данного алгоритма кластеризации. Вектор наград был нормализован с помощью многомерной функции сигмоида. В некоторых стратегиях в этот нормализованный вектор вносилась поправка, учитывающая ресурсоемкость каждого алгоритма кластеризации, измеряемую эмпирически. Такая стратегия и показала наилучший результат.

В данной работе мы предложили новый метод решения для задачи выбора модели алгоритмов кластеризации и настройки ее гиперпараметров. Было проведено масштабное исследование с целью выработать подход к разрешению основного компромисса в задаче выбора модели и настройки гиперпараметров: компромисса между исследованием как можно большего числа моделей и как можно более агрессивной настройки каждой из них. Для поиска этого компромисса было применено обучение с подкреплением и предложены разнообразные подходы, основанные как на различных целевых функциях и алгоритме решения задачи о многоруком бандите, так и на внутреннем устройстве алгоритма SMAC. Было опробовано множество стратегий, и некоторые из них принести статистически значимые лучшие результаты, по сравнению с базовыми методами, параметрами по умолчанию и случайным поиском.

Предложенный алгоритм был успешно протестирован на реальных задачах кластеризации и показал свою дееспособность. Он может успешно применяться для абсолютно любых задач кластеризации, также в нем применим любой метод оптимизации гиперпараметров.

Литература

1. Pakhira M. K., Bandyopadhyay S., Maulik U. A study of some fuzzy cluster validity indices, genetic clustering and application to pixel classification // Fuzzy sets and systems. – 2005. – Т. 155, № 2. – С. 191–214.
2. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement learning: An introduction. – MIT press, 1998.
3. Hutter F., Hoos H. H., Leyton-Brown K. Sequential model-based optimization for general algorithm configuration // Learning and Intelligent Optimization. – Springer, 2011. – С. 507–523.
4. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa [и др.] // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Т. 12. – С. 2825–2830.
5. Ефимова В. А., Фильченков А. А., Шалыто А. А. Применение обучения с подкреплением для одновременного выбора модели алгоритма классифи- кации и ее структурных параметров // Машинное обучение и анализ дан- ных. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 244–254.



Шиян Артём Викторович
Год рождения: 1995
Факультет институт дизайна и урбанисти
группа № С4202
Направление подготовки: 27.04.07 – Наукоемкие технологии и экономика инноваций
e-mail: artem.shiyan68@gmail.com

УДК 004.03, 004.05, 004.6, 004.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А.В. Шиян
Научный руководитель – к.т.н. С.А. Митягин

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617035 (№ гос. регистрации 118011090041-0) «Методы исследования урбанизированных территорий и моделирования городских процессов на основе разнородных данных, генерируемых большим городом», финансируемой в рамках подготовки магистрантов и аспирантов Университета ИТМО.

В настоящее время существуют различные подходы к пониманию городской информационной инфраструктуры. Будем исходить из того что, под информационно-коммуникационной инфраструктурой понимается совокупность территориально-распределенных государственных и корпоративных информационных систем (ГИС и КИС), сетей и каналов передачи данных, средств коммутации и управления информационными потоками, линий связи, а также организационных структур, правовых и нормативных механизмов, обеспечивающих их эффективное функционирование [1].

Основные сложности при внедрении технологий «умного города» связаны с такими понятиями как данные, интернет вещей, цифровые технологии, цифровая экономика. Данные – один из определяющих ресурсов в цифровой экономике, который автоматически воспроизводит новые виды экономической и иной деятельности в рамках «Умного города». Модульная городская информационная инфраструктура и возможность интеграции в нее новых ресурсов, их доступность, открытость, надежность в синергии с адаптивными технологиями генерируют новые сервисы, в том числе под социально значимые задачи и коммерческие проекты. Информационно-коммуникационные технологии в целом и технологии интернета вещей в частности рассматриваются как ключевые факторы развития городов. К группе технических вопросов следует отнести разрозненность и разнородность информационных ресурсов при внедрении новых технологий в городах, увеличения числа сервисов, интеграция и качество данных, дублирование информации, а также проблема межсистемной совместимости (интероперабельности). Гетерогенность (разнородность) технологического пространства является фундаментальной особенностью развития ИКТ. Данная ситуация будет оперативно разрешена при наличии единых шаблонов и регламентов разработки цифровых технологий в «Умных городах» от этапа проектирования до дальнейшего сопровождения. Также важно пояснить, какую ценность цифровые технологии несут всем субъектам информационного пространства. В исследовании аргументируется значимость обеспечения совместимости

государственных информационных систем на примере рассмотрения процесса оценки межсистемной совместимости трех систем, образующих своего рода каркас ИТ-инфраструктуры Санкт-Петербурга. Рассмотрим структуру анализа систем. На данном этапе исследования ИТ-инфраструктура Санкт-Петербурга состоит из: (а) 89 городских информационных систем, (б) 82 информационные системы федерального значения, (в) 34 региональных информационных систем и (г) 11 общедоступных информационных систем (на основе данных Реестра ГИС Санкт-Петербурга) [3]. Таким образом в совокупности мы имеем оперативно-стратегический инфраструктурный комплекс из более 200 ежедневно функционирующих систем, графическая интерпретация которых показана на рис. 1.

Интероперабельность – параметрическая характеристика способности системы взаимодействовать и функционировать с другими участниками информационного обмена в рамках общей ИТ-инфраструктуры на основании единого стандартизированного регламента. Таким образом минимизируется риск возникновения интерпретационных или так называемых «логических конфликтов» между ГИС при работе с городскими данными, и вследствие чего формируется единая интеграционная архитектура (т.е. своего рода экосистема или платформа с общепринятым «языком структурных процессов») [2, 4].

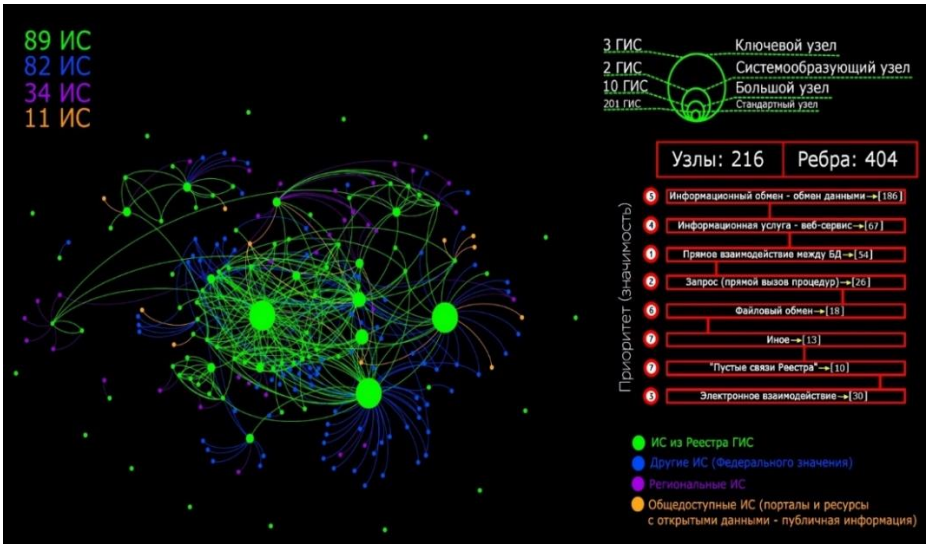


Рис. 1. Граф взаимодействия государственных информационных систем Санкт-Петербурга

СМЭВ, МАИС ЭГУ и УЦ ИОГВ являются определяющими структурными узлами ИТ-инфраструктуры Санкт-Петербурга. На указанные системы приходится более трети всех связей сетевого взаимодействия, и соответственно значительная загрузка всех оперативных городских данных проходит через эти ключевые узлы.

Таким образом данные три системы были выбраны по ряду следующих причин:

- функциональный статус в ИТ-инфраструктуре Санкт-Петербурга;
- количество связей, приходящихся на узлы сети;
- «критичность систем», т.е. эти объекты осуществляют непосредственное управление критически важной инфраструктурой и в результате деструктивных воздействий или чрезвычайной ситуации будут выведены из строя реализуемые системообразующие функции управления с существенными последствиями.

При оценке интероперабельности необходимо опираться на структурные показатели систем, которые могут однозначно интерпретироваться для любого исследуемого инфраструктурного объекта. Дальнейшая оценка происходит на базе

утверждённых значений для каждого детализированного параметра и соответствующих им рангов, пример указан в табл. 1 [5].

Таблица 1

Свойства систем и присвоение взвешенной оценки

№	Свойства	Степень влияния	Взвешенная оценка	
			max	min
1	Функциональность системы	0,15	0,6	0,15
2	Производительность системы	0,15	0,6	0,15
3	Удобство работы с системой	0,1	0,4	0,1
4	Уровень защиты информации	0,11	0,44	0,11
5	Масштаб системы	0,11	0,44	0,11
6	Стоимость обслуживания системы	0,19	0,76	0,19
7	Технологии	0,19	0,76	0,19
Итого:		1	4	1

Совокупный взвешенный ранг исследуемых систем:

1. МАИС ЭГУ:

$$R_{\text{взв.1}} = \sum 3 \cdot 0{,}15;\ 3{,}6 \cdot 0{,}15;\ 2{,}5 \cdot 0{,}1;\ 3 \cdot 0{,}11;\ 4 \cdot 0{,}11;\ 1{,}6 \cdot 0{,}19;\ 1{,}5 \cdot 0{,}19 = \\ = 0{,}45 + 0{,}54 + 0{,}25 + 0{,}33 + 0{,}44 + 0{,}304 + 0{,}285 = 2{,}599\,(2{,}6) \quad (1)$$

Итог: частично I-система 3-й категории (IV степень)

2. СМЭВ:

$$R_{\text{взв.2}} = \sum 3{,}6 \cdot 0{,}15;\ 2{,}6 \cdot 0{,}15;\ 2{,}5 \cdot 0{,}1;\ 2{,}5 \cdot 0{,}11;\ 3{,}6 \cdot 0{,}11;\ 2{,}3 \cdot 0{,}19;\ 2 \cdot 0{,}19 = \\ = 0{,}54 + 0{,}39 + 0{,}25 + 0{,}275 + 0{,}396 + 0{,}437 + 0{,}38 = 2{,}668\,(2{,}67) \quad (2)$$

Итог: частично I-система 3-й категории (IV степень)

3. УЦ ИОГВ:

$$R_{\text{взв.3}} = \sum 2 \cdot 0{,}15;\ 2{,}3 \cdot 0{,}15;\ 2{,}5 \cdot 0{,}1;\ 3 \cdot 0{,}11;\ 3 \cdot 0{,}11;\ 2 \cdot 0{,}19;\ 2 \cdot 0{,}19 = \\ = 0{,}3 + 0{,}345 + 0{,}25 + 0{,}33 + 0{,}33 + 0{,}38 + 0{,}38 = 2{,}315\,(2{,}3) \quad (3)$$

Итог: Частично NI-система 1-й категории (V степень)

Исходя из проведенного анализа систем можно однозначно утверждать, что функциональность и производительность систем обеспечена на балансе достаточно общей сформировавшейся технической инфраструктуры. Масштабируемость систем не определена четкими границами развития. Так же существует явное игнорирование «формул финансового менеджмента» у ряда систем. Результат сравнения систем между собой представлен на рис. 2.

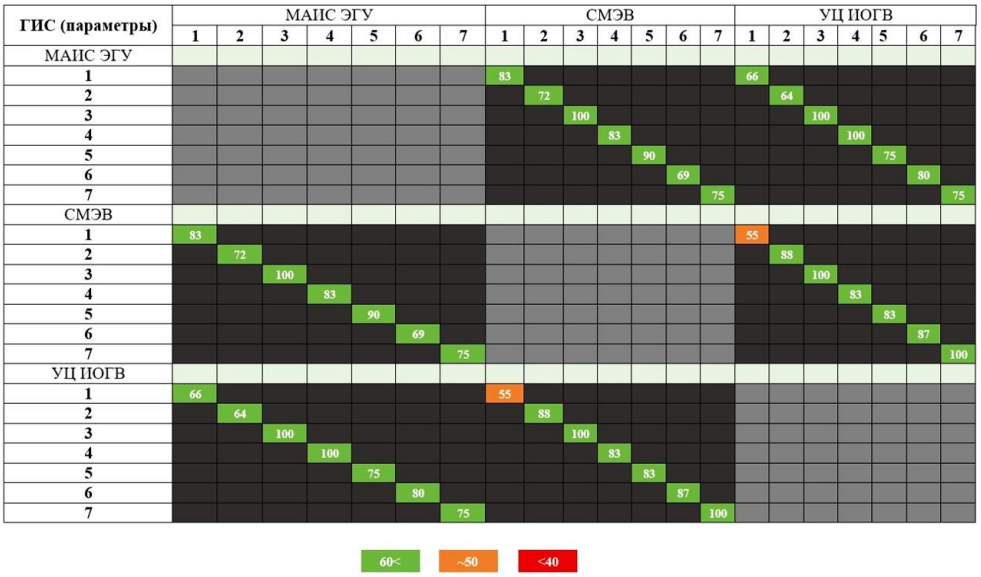


Рис. 2. Общее сравнение трех систем (детализация по параметрам)

Помимо исследования фундаментальных систем также был сформирован алгоритм оценки уровня схожести информационных систем по функциональным отраслям. Схема была определена приоритетными параметрами систем на основе данных из Реестра ГИС: Приоритет 1 – БД и функции; Приоритет 2 – классификаторы; Приоритет 3 – связи с другими ИС. Изначально метод был испытан на КИС ЖК.

Для цветовой маркировки исследуемых систем использовался следующий подход:

- Зеленый цвет – достаточный уровень схожести;
- Оранжевый цвет – пограничный уровень схожести;
- Красный цвет – низкий уровень схожести;
- Синий цвет – в существующем инфраструктурном комплексе систем носит единственный по функциональному статусу характер, и ее сравнение с другими системами при текущей конфигурации является некорректным.

Результат работы можно выразить как практическую рекомендацию по детальной реструктуризации и дальнейшему компонентному проектированию информационных систем. Статистика анализа представлена в табл. 2 ниже.

Таблица 2

Отображение соотношения систем по уровням схожести

Тип	Кол-во	Пример систем	Доля в инфраструктуре
достаточный уровень схожести	29	АСУ ЕДС, АИС УГД	32,6 %
пограничный уровень схожести	34	ТОРИС, КАИС КРО	38,2 %
низкий уровень схожести	21	РСМЭВ, ЕСУН	23,6 %
- (ед. функц. статус)	5	МАИС ЭГУ	5,6 %

На рис. 3 проиллюстрирован результат оценки уровня схожести систем на графе

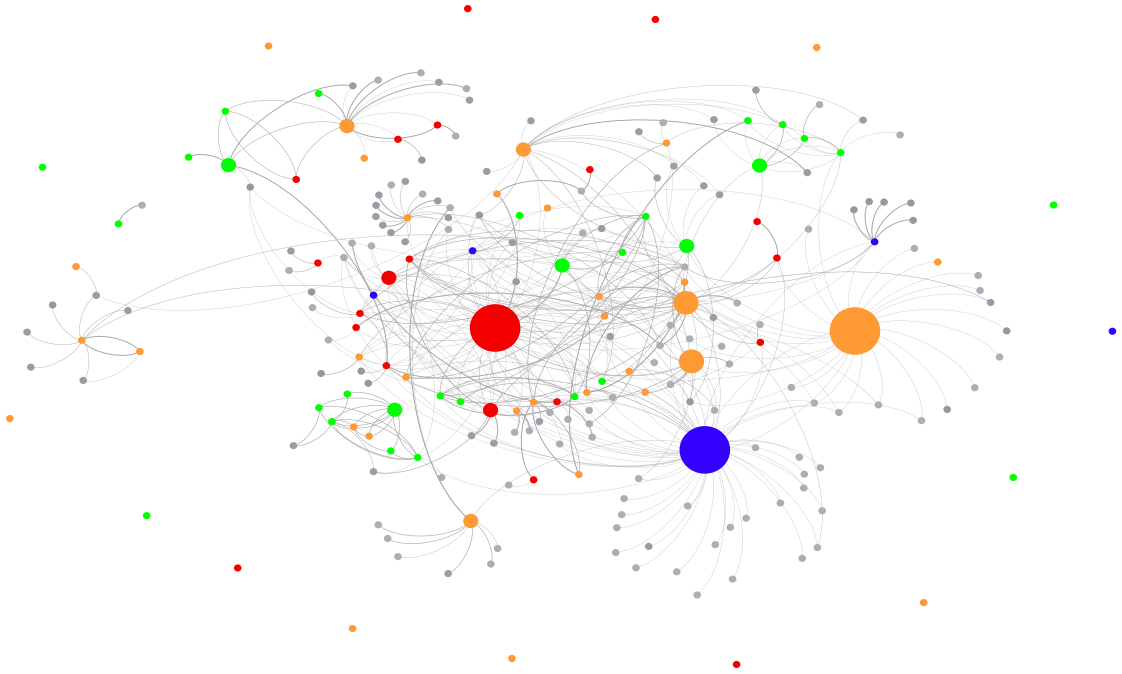


Рис. 3. Визуализация показателей схожести информационных систем в рамках масштаба ИТ-инфраструктуры Санкт-Петербурга

Рис. 4. показывает апробированные варианты визуализации графа взаимодействия.

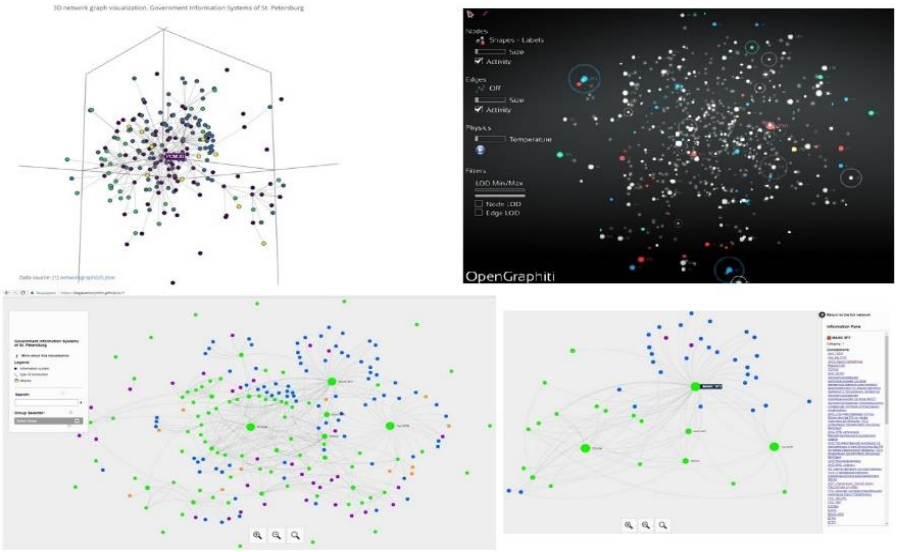


Рис. 4. Различные подходы к визуализации графа сети связей на основе данных городских информационных систем Санкт-Петербурга

Литература

1. Barnaghi P., Bermudez-Edo M., Tönjes R. Challenges for quality of data in smart cities //Journal of Data and Information Quality (JDIQ). – 2015. – Т. 6. – №. 2-3. – С. 6
2. Zanella A. et al. Internet of things for smart cities //IEEE Internet of Things journal. – 2014. – Т. 1. – №. 1. – С. 22-32.

3. Реестр государственных информационных систем Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reestr-gis.spb.ru/rgis/#gis, своб.
4. Брауде-Золотарев М. и др. Интероперабельность информационных систем //Сборник материалов. – М.: INFOFOSSRU. – 2008. – С. 48–55.
5. Олейников А. Я., Гуляев Ю. В., Журавлев Е. Е. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор. – 2012. – С. 9–15.

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ



Аленин Александр Алексеевич
Год рождения: 1995
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № N4250
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность
e-mail: flagruger@gmail.com

УДК 004.934.8'1

РАЗРАБОТКА ТЕКСТОНЕЗАВИСИМОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО ГОЛОСУ

А.А. Аленин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.И. Спивак

В настоящее время особый интерес направлен на биометрические системы идентификации личности. Одним из самых доступных данных для анализа является человеческая речь – для её сбора достаточно простого микрофона. Существует два подхода к решению задачи: сравнение фиксированных фраз (текстозависимые системы) и анализ произвольной речи (текстонезависимые). Разработка последних является более сложной и актуальной задачей. Системы идентификации по голосу всё чаще внедряются в СКУД, мобильные приложения, банковские системы защиты и ПО для колл-центров.

Целью работы являлось повышение точности идентификации текстонезависимой системы распознавания дикторов и минимизация вероятности осуществления атак перевоспроизведения, генерации и конвертации голоса.

В процессе работы проводилось экспериментальное исследование существующих решений, изучение подходов к обработке звуковых сигналов, анализ основных угроз систем голосовой биометрии, разработка собственной системы идентификации пользователя по голосу и разработка собственной системы антиспуфинга.

Основной проблемой, решаемой системами идентификации по голосу, является сопоставление двух звуковых файлов и принятие решения о принадлежности их одному диктору.

Одним из основных показателей эффективности биометрических систем, являются ошибки первого и второго рода, а также комплексный показатель ошибки EER (Equal Error Rate).

Можно выделить следующие угрозы, специфичные для голосовой биометрии:

- Попытка идентификации злоумышленником, используя свой собственный голос. Степень защиты от таких атак зависит непосредственно от качества реализации системы голосовой биометрии.
- Попытка идентификации злоумышленником, используя искусственно синтезированный голос – системы TTS (Text To Speech). Например, Echo, Espeak, MaryTTS, Festvox, Festival, GoogleTTS.
- Попытка идентификации злоумышленником, используя программы конвертации голоса – системы VC (Voice Conversion). Такие алгоритмы, имея примеры речи двух человек, позволяют преобразовывать фразы злоумышленника в речь, похожую на речь пользователя системы.
- Попытка идентификации злоумышленником, используя заранее записанный голос пользователя, например, при помощи средств негласного съема информации во время предыдущей регистрации. Данная угроза актуальна из-за простоты её

реализации и низкой степени детектирования существующими биометрическими системами.

Защиту от последних трех угроз обеспечивает вспомогательная система антиспуфинга, основное предназначение которой является классификация входных аудиофайлов на классы Human и Spoof. Совместно с основной системой идентификации по голосу, система антиспуфинга обеспечивают комплексное решение для организации системы голосовой биометрии.

Для анализа звукового сигнала можно использовать, как исходные семплы, объединенные в небольшие группы фреймов, так и особые звуковые характеристики, например, FFT (быстрое преобразование Фурье), MFCC (мел-частотные кепстральные коэффициенты), CQCC (постоянные Q кепстральные коэффициенты) и др.

Перед тем, как приступить к построению моделей, решающих какие-либо задачи, необходимо подготовить и обработать исходные базы звуковых сигналов. После приобретения, скачивания и распаковки данных требуется провести их первичную предобработку для повышения качества данных или же увеличения числа данных путем их различной модификации – аугментации данных.

К таким процедурам можно отнести следующие действия: ресемплирование и выбор нужного канала, анализ детектором голосового сигнала/речи VAD, нарезка звукового сигнала, зашумление звукового сигнала, реверберация звукового сигнала и изменение амплитуды сигнала [1 – 4].

В настоящее время основным трендом при построении большинства систем различного назначения является использование глубоких нейронных сетей. В данной работе они применялись как для замены отдельных частей существующих систем, так и для полностью новых обособленных end-to-end решений.

До появления современных нейронных сетей, основным подходом к решению задачи распознавания дикторов было использование i-векторов – векторов небольшой размерности (например, 400 или 600), извлекаемых для каждого аудиофайла. Такой вектор содержит в себе информацию, характерную для конкретного диктора, что позволяет решать задачу идентификации путем построения различных классификаторов, рассчитывающих дистанцию между двумя i-векторами, например, PLDA или SVM.

В данном работе предлагается вариант TDNN-UBM системы идентификации по голосу. Основное отличие такого решения от базового GMM-UBM подхода заключается в использовании глубоких нейронных сетей для извлечения полезной информации из звукового сигнала.

Помимо этого, предлагается заменить классификатор i-векторов на систему из нескольких классификаторов, что должно повысить точность идентификации пользователей по голосу. В качестве глубокой нейронной сети была выбрана модель TDNN (Time Delay Deep Neural Network) – глубокая нейронная сеть с временной задержкой. Выходной слой такой сети предсказывает вероятности N классов трифонов.

Для получения начальных показателей качества идентификации решений голосовой биометрии были обучены несколько вариантов базовой системы, UBM которых основана на полной ковариационной модели GMM с 2048, 4096 и 5297 компонентами смеси. Для тестирования точности разработанных базовых моделей использовалась тестовая часть базы SRE10. Протокол состоит из 416 тыс. сравнений, большинство из которых (98%) являются Target сравнениями.

Для обучения TDNN использовалась база Fisher. Результаты базовых GMM-UBM систем и предложенных TDNN-UBM систем с различными классификаторами представлен в табл. 1.

Способность TDNN напрямую моделировать фонетический контекст в отличии от произвольного акустического пространства у GMM позволила улучшить результат с EER 2,43% до 1,22% при прочих равных компонентах системы. Модель с классификатором SVM показала результат немного хуже, чем модель с PLDA,

однако фузирование двух классификатор с коэффициентами 48 и 31 улучшило показатель до 0,98%.

Таблица 1

Точность идентификации различными системами

Система	Точность EER, %
GMM-2048	2,76
GMM-4096	2,55
GMM-5297	2,43
TDNN-UBM PLDA	1,22
TNDN-UBM SVM	1,33
TDNN-UBM Fused	0,98

Таким образом, усовершенствованная модель TDNN-UBM с двумя классификаторами показала результат EER=0,98% вместо 2.43% у базового метода GMM-UBM. Однако недостатком такого решения является большая вычислительная сложность из-за перехода к глубоким нейронным сетям и, как следствие, большие денежные и временные затраты на обслуживание такой системы. Обязательным условием для использования TDNN-UBM является наличие GPU, позволяющего ускорить процесс прогнозирования апостериоров за счет быстрых параллельных вычислений.

Иной подход к проектированию систем обработки звука заключается в использовании сверточных нейронных сетей CNN (Convolutional Neural Network). В данной работе предлагается использовать архитектуру SqueezeNet для классификации спуфинга. В ходе работы были разработаны и протестированы следующие системы антиспуфинга: RAW – система, получающая на вход необработанный сигнал (фреймы), размерность звуковой характеристики 256x256, LFFT – система на логарифме быстрого преобразования Фурье 256x256, MFCC – система на мелчастотных кепстральных коэффициентах 128x128, DCT – система на дискретном косинусном преобразование 128x128, FFT – система на быстром преобразовании Фурье 256x256, PLP – система на перцептивном линейном предсказывании 128x128, Fused 1 – фузирование систем DCT и FFT с коэффициентами 3 и 2, Fused 2 – фузирование систем LFFT, MFCC, DCT и FFT с коэффициентами 3, 1, 9 и 5. Результаты тестирования данных сетей на различных тестовых выборках представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты полученных систем антиспуфинга

Модель	ASV17 Reply	Turk Toloka	val_1 Reply	val_2 Reply	val_3 Reply	ASV15 TTS	ASV15 VC
RAW	22.22%	19.96%	11.09%	9.88%	8.00%	0.26%	0.43%
LFFT	4.21%	4.10%	9.88%	18.69%	0.73%	0.20%	0.03%
MFCC	22.63%	10.52%	15.68%	8.81%	1.30%	0.06%	0.06%
DCT	2.75%	3.04%	2.16%	9.05%	0.40%	0.02%	0.01%
FFT	4.21%	1.76%	10.01%	13.01%	0.50%	0.75%	0.29%
PLP	4.50%	6.93%	7.73%	7.16%	0.73%	0.28%	0.20%
Fused 1	1.87%	1.37%	1.77%	7.81%	0.23%	0.00%	0.00%
Fused 2	1.58%	1.08%	8.64%	6.23%	0.13%	0.00%	0.00%

Лучшей одиночной системой оказалась модель с дискретным косинусным преобразованием. Фузирование двух и более систем значительно улучшает показатели точности на некоторых тестах. Оптимальным решением является система Fused 1, состоящая из двух нейронных сетей, обеспечивающая лучшее соотношение качества классификации и производительности. Усредненный по всем тестовым примерам показатель детектирования спуфа для такой системы EER=1.7%. Отметим, что детектирование перевоспроизведенной речи оказалось сложнее, чем TTS и VC. Однако подобная система может некорректно распознавать новые алгоритмы генерации речи, не входящие в обучающую выборку, поэтому необходимо поддерживать актуальность обучающих баз аудиофайлов. Таким образом, была разработана система антиспуфинга на основе сверточных нейронных сетей, способная детектировать большинство известных способов перевоспроизведения, генерации и конвертации голоса с точностью более 98%, тем самым минимизируя вероятность осуществления атак данного типа на систему идентификации по голосу.

Большинство представленных баз аудиофайлов, как для задачи распознавания дикторов, так и для задачи антиспуфинга, записаны с частотой дискретизации 8 или 16 кГц. В работе исследовалось предположение, что использование файлов с более высокой частотой должно повысить точность детектирования Reply атак из-за обрезания верхних частот большинством устройств воспроизведения.

Для сравнения были выбраны одинаковые конфигурации систем со звуковыми характеристиками FFT на частотах 8, 16, 32 и 48 кГц. Результаты обученных систем представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты систем антиспуфинга на разных частотах

Система	Точность EER, %
FFT-8	7,90
FFT-16	7,24
FFT-32	1,62
FFT-48	0,56

Повышение частоты аудиосигнала с каждым шагом увеличивает точность классификации входных данных. Таким образом, был предложен метод усовершенствования детектирования атак методом перевоспроизведения сигнала за счет обучения системы антиспуфинга на частоте 48000 Гц. На тестовой выборке был продемонстрирован десятикратный прирост в точности классификации аудиофайлов, получив EER=0,56% вместо 7,24% у модели на базовой частоте в 16000 Гц.

В результате проделанной работы была разработана система текстонезависимой идентификации по голосу и обеспечена её защита от возможных угроз. Таким образом, были разработаны все необходимые компоненты для создания комплексной системы голосовой биометрии. Заключительным этапом работы является портирование кода на низкоуровневый язык программирования и введение системы в эксплуатацию.

Литература

1. Iandola F. N. et al. SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and < 0.5 MB model size //arXiv preprint arXiv:1602.07360. – 2016
2. Kinnunen T. et al. ASVspoof 2017: Automatic speaker verification spoofing and countermeasures challenge evaluation plan //Training. – 2017. – Т. 10. – №. 1508. – С. 1508
3. Peddinti V., Povey D., Khudanpur S. A time delay neural network architecture for efficient modeling of long temporal contexts //Sixteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2015. – С. 1-5
4. Snyder D., Garcia-Romero D., Povey D. Time delay deep neural network-based universal background models for speaker recognition //Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), 2015 IEEE Workshop on. – IEEE, 2015. – С. 92-97.



Белов Сергей Валерьевич
Год рождения: 1995
Факультет физико-технический,
кафедра физики,
группа № Z4211
Направление подготовки: 27.04.03 – Системный анализ и управление
e-mail: syarhei.belov@gmail.com, svbelov@corp.ifmo.ru

УДК 316

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОСТИ В НАУЧНЫХ МУЗЕЯХ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ)

С.В. Белов
Научный руководитель – Д.А. Денисова

В научной коммуникации эксперт изначально встроен в структуру взаимодействия с широкой аудиторией. Подразумевается, что научный коммуникатор в своей работе не продуцирует знание самостоятельно, а использует чье-то научное, экспертное знание, транслируя его в общество. Научный (научно-технологический) музей – одна из форм научной коммуникации, при которой научное знание передается не только при помощи текста (например, текста этикетки или сопроводительного текста к экспозиции), но и при помощи физических артефактов, что позволяет задействовать больше каналов восприятия информации у посетителя: визуальный, аудиальный, кинестетический. При этом музею важно корректно представить информацию, которую он хочет донести до своего посетителя, поскольку на этапе экспонирования все музейное пространство для посетителя представляется «черным ящиком» – он не знает, кто и почему писал те или иные тексты или проектировал те или иные экспонаты; посетитель сталкивается с музеем как социальным институтом, который представляет информацию. Если посетитель найдет некорректно представленные на выставке или в экспозиции факты или концепции, он воспримет это как ошибку музея и его сотрудников, но не стороннего эксперта, о наличии которого он, возможно, вообще не знает. Принимая во внимание начавшийся несколько лет назад рост интереса к науке и разным формам потребления научной информации, необходимо понимать, каким образом и кто именно становится экспертом для научного музея, и как экспертное знание представлено в музейном пространстве. В связи с этим, была сформулирована цель исследования – определить механизмы формирования статуса эксперта в научных музеях. В рамках данной работы под экспертностью понимается совокупность экспертного знания (как характеристику эксперта, приписываемую ему сторонними наблюдателями) и социального статуса эксперта.

В качестве теоретической базы была выбрана концепция третьей волны социальных исследований науки, которая была названа исследованиями экспертного знания и опыта (Studies of Expertise and Experience, SEE), обозначенная Гарри Коллинзом и Робертом Эвансом в 2002 году в [1] и позднее более глубоко разработанная Коллинзом. В этой статье Коллинз и Эванс не просто обращаются к необходимости изучения экспертов и их знания, но и определяют ключевые понятия в этой области. Со временем SEE становится полноценной исследовательской (научной) программой, которую они называют третьей волной социальных исследований науки.

Статья Коллинза и Эванса была очень неоднозначно принята в научном сообществе и вызвала большую дискуссию среди социальных ученых. В журнале «Social Studies of Science» были опубликованы комментарий Майкла Гормана [2] и три

критических статьи: Брайана Уинна [3], Шейлы Джасанофф [4] и Ари Рипа [5], в которых авторы критикуют ряд положений Коллинза и Эванса и предлагают новые углы для осмысления описанных ими идей и концепций.

В качестве основного метода исследования было выбрано проведение интервью с сотрудниками и экспертами Политехнического музея и анализ открытой информации и документации музея. В рамках исследования нет категорий, которые было бы необходимо измерять в числовой форме, поэтому для исследования были выбраны качественные методы. Сформировать систему наделения отдельных людей статусом экспертов и определить критерии, на основе которых акторы говорят о различных специалистах как об экспертах, можно при помощи интервью. Анализ документации музея, размещенной в открытом доступе, был проведен с целью определения структуры музея и представления о различных проектах, реализуемых организацией (последние указаны в годовых отчетах), а также для верификации информации, полученной в ходе интервью.

Качественное исследование было проведено в период с 31 октября 2017 года по 1 мая 2018 года. Всего было проведено пять полуструктурированных индивидуальных и групповых интервью на русском языке с сотрудниками музея и экспертами, проживающими и работающими в Москве. В групповом интервью принимали участие одновременно от двух до трех информантов на разных его этапах. Длительность интервью составляла от 1 часа 10 минут до 2 часов, в среднем – около полутора часов. Интервьюеры не получали стимулы или компенсации ни в какой форме.

Поиск информантов происходил методом снежного кома. Первоначальный пул информантов составили сотрудники Политехнического музея, проводившие занятия в рамках курса «Научные музеи и центры популяризации науки» в магистратуре по научной коммуникации Университета ИТМО.

Перед проведением эмпирической части исследования были выдвинуты следующие гипотезы:

1. для научного музея экспертами являются только ученые;
2. перед началом работы с научным музеем эксперт должен иметь опыт популяризации научного знания, участия в просветительских и/или популяризаторских проектах;
3. при поиске экспертов сотрудники музея ориентируются на формальные показатели ученых, а именно: наличие ученой степени, количество публикаций на русском и английском языках, наукометрические индексы зарубежных баз данных в случае естественных наук;
4. при поиске экспертов сотрудники музея также используют неформальные показатели, например, рекомендации от экспертов, с которыми музей работал в рамках других проектов.

В результате, первая гипотеза не подтвердилась полностью: информанты отмечают, что экспертным знанием обладают не только ученые: ими могут быть дизайнеры, застройщики, создатели экспонатов и т. д. Вторая гипотеза подтвердилась частично: информанты говорят о том, что умение просто и понятно рассказать о своем экспертном знании будет являться преимуществом для эксперта. Тем не менее, это не является определяющим для эксперта критерием, т. е. если человек не может доступно объяснить свое знание, то он все еще остается экспертом, но работать с ним музей, скорее всего, не сможет. Третья и четвертая гипотезы подтвердились полностью: при поиске экспертов сотрудники музея ориентируются как на формальные показатели (наличие ученой степени, количество публикаций, в том числе на иностранных языках, и т. п.), так и на неформальные (признание ученого в академическом мире, рекомендации от других экспертов).

Эмпирическое исследование позволило выявить следующие основные задачи эксперта в музее:

- просто и понятно рассказать о научной области или научном факте или концепции;
- осуществить экспертизу (верификацию контента) выставки или экспозиции, проверить корректность изложения и представления научных идей;
- принять решение в рамках области своего экспертного знания. Так, ученый должен принять решение о том, как именно будет репрезентирована его научная область в экспозиции: о чем важно сказать, что можно опустить. Эксперт, обладающий другим типом знания, принимает схожие решения: как лучше спроектировать экспонат, какой шрифт лучше использовать и т. п.

Сам процесс поиска экспертов практически не формализован и, в первую очередь, основывается на сети рекомендаций. Их могут давать ученые, которые уже знакомы музею. Анализ по формальным показателям может производиться в случае, если потенциальный эксперт никому не знаком (или плохо знаком), или в другом случае интуитивной неуверенности в статусе ученого. По сути, музей безоговорочно принимает систему социальных статусов и иерархии научного сообщества, используя их в качестве одного из критериев при поиске экспертов.

К внутреннему научному отделу сотрудники обращаются достаточно редко, поскольку научный отдел обладает экспертным знанием в двух областях: история науки и техники и история Политехнического музея. К отделу могут обратиться с просьбой рассказать об истории того или иного устройства или об истории попадания его в коллекцию, но, поскольку сейчас происходит перестройка Политехнического музея как музея науки в противовес идее музея науки и техники, господствовавшей до его модернизации, к научному отделу обращаются все меньше – фокус основной экспозиции смещается в сторону чистой науки. За экспертным знанием к сотрудникам внутреннего научного отдела обращаются только сотрудники экспозиционно-выставочного отдела. Тем не менее, научный отдел остается хранителем и агрегатором многих контактов музея как институциональных, так и личных, накопленных за многие годы существования музея.

Верификация знания научных консультантов происходит при помощи тестового задания, в рамках которого им предлагается написать текст о научном явлении, факте, концепции. Таким образом, сотрудники музея сразу проверяют как владение потенциальным экспертом содержанием определенной научной области, так и возможность осуществлять научную коммуникацию своего знания, то есть излагать известную ему информацию просто и понятно. Дополнительная верификация знания научных кураторов разделов постоянной экспозиции не производится. Они были выбраны из числа «доверительного круга» ученых на стадии разработки концепции экспозиции. Итоговая верификация знания научного консультанта осуществляется научным куратором всего Политехнического музея, то есть в структуре музея есть позиция «абсолютного эксперта», мнение которого всегда будет принято без возражений. Подобная фигура лица, принимающего решение о том, кто может и кто не может быть экспертом для научного музея, не описывается в исследованной нами литературе, однако представляется нам крайне важной в системе музея и интересной для более глубокого изучения. Важно отметить, что подобный «абсолютный эксперт» не является абсолютным для всех научных музеев. Авторитет «абсолютного эксперта» основан на опыте взаимодействия с конкретным музеем, возможно, даже в большей степени, чем на масштабе научного авторитета самого ученого. Таким образом, «абсолютный эксперт» является таковым лишь в заданных институциональных рамках.

Информанты отмечают, что у всего, что делает музей, у любого проекта, есть научный и содержательный куратор. Если научным куратором может быть только ученый, то содержательным – человек, который лучше понимает, как представить научные идеи для посетителя, не знакомого или плохо знакомого с наукой и с историей или содержанием отдельной научной области. Этим человеком, по утверждению

информантов, может быть, например, научный журналист.

Информанты отмечают также и ситуативность трактовки понимания понятия «эксперт»: его трактовка зависит от задачи, стоящей перед музеем в рамках конкретного проекта. Так, задачей может быть ретроспективное представление развития научной области или технического устройства, рассказ о научной области с позиции научного консенсуса (то есть взгляд с одной стороны, изложение и представление существующего научного консенсуса). В то же время в ряде проектов может стоять задача представить две противоположные точки зрения, и показать, что они обе имеют право на существование. В зависимости от задачи разные люди могут быть определены как эксперты. Если необходимо рассказать о чем-то с позиции научного консенсуса, в качестве экспертов будут привлекаться ученые. Если же стоит задача представления разных позиций, то экспертом могут быть названы как ученые, так и, например, священник, если стоит задача организации дискуссии между наукой и религией. В рамках подобного проекта обе стороны будут легитимны в фрейме дискуссии, их позиции будут признаваться равнозначными.

Экспертами сотрудники музея называют не только ученых, но и других участников проектов, обладающих другими типами экспертного знания: архитекторов, дизайнеров, застройщиков и т. д. В отдельную важную категорию сотрудники выделяют коллекционеров различных технических устройств, которые нередко обладают уникальным знанием об истории того или иного предмета или целой серии предметов (в случае серийного выпуска устройств).

Таким образом, мы можем видеть, что научные эксперты в музее достаточно плотно ассоциированы с научным сообществом, не становясь в полной мере членами музейного сообщества. Описанная выше специфика поиска научных экспертов и верификации их знания, на наш взгляд, позволяет задуматься о необходимости их изучения в рамках третьей волны социальных исследований науки. Поскольку этот процесс достаточно сильно похож на «расширение лаборатории» Брюно Латура, есть основания полагать, что вторая волна может дать более привычную линзу для рассмотрения научных экспертов. Остальные же виды экспертного знания во многом основываются на опыте (experience-based expertise).

В качестве дальнейшего изучения описанной области предполагается изучение научных музеев России и европейских стран (в первую очередь – музеев в Лондоне) и проведение сравнительного анализа стратегий поиска экспертов и функционала последних в музее.

Литература

1. Collins, H. M. The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience / H. M. Collins and Robert Evans // Social Studies of Science. – 2002. – Т. 32. – № 2. – С. 235–296. – doi: 10.1177/0306312702032002003.
2. Gorman M. E. Levels of Expertise and Trading Zones:AFramework for Multidisciplinary Collaboration / Michael E. Gorman // Social Studies of Science. – 2002. – Vol. 32, № 5. – P. 933–938. – doi: 10.1177/030631270203200511.
3. Wynne B. Seasick on the Third Wave? Subverting the Hegemony of Propositionalism: Response to Collins & Evans / Brian Wynne // Social Studies of Science. – 2003. – Vol. 33, № 3. – P. 401–417. –doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
4. Jasanoff S. Breaking the Waves in Science Studies: Comment on H.M. Collins and Robert Evans, “The Third Wave of Science Studies” / Sheila Jasanoff // Social Studies of Science. – 2003. – Vol. 33, № 3. – P. 389–400. – doi: 10.1177/03063127030333004.
5. Rip, A. Constructing Expertise: In a Third Wave of Science Studies? / Arie Rip // Social Studies of Science. – 2003. – Vol. 33, № 3. – P. 419–434. – doi: 10.1177/03063127030333006.



Белянцев Алексей Павлович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра мехатроники,
группа № Р4225
Направление подготовки: 15.04.06 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: albel1994@mail.ru

УДК 62-828

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОСПОЛНЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

А.П. Белянцев
Научный руководитель – профессор, д.т.н. доцент Д.Г. Грязин

Работа выполнена в рамках конкурса на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (лучшую НИВКР), выпуск 2018 года.

Введение. В настоящее время существуют различные источники возобновляемой энергии. Как правило, в морской технике в составе автономных аппаратов чаще всего используются источники, использующие солнечную энергию, а иногда – энергию ветра и волнения моря [1, 2]. В условиях отсутствия солнечной энергии, для подзарядки аккумуляторных батарей различных образцов морской техники может быть использована энергия от качки объекта, вызванной волнением. За основу подобного источника энергии может быть взят индукционный преобразователь, использующий линейное перемещение подвижной массы. Целью настоящей работы является исследование режимов функционирования возобновляемого источника энергии, использующего энергию от качки объекта, на котором он установлен.

Известны несколько источников возобновляемой энергии, которые используют энергию морского волнения, например установка для восполнения энергии морских буев (патент РФ №2577924) [3], которая была выбрана в качестве прототипа разрабатываемого преобразователя. Однако, указанная установка имеет большое число подвижных механических элементов, в которых возникают силы трения, что ограничивает ресурс его работы, надёжность и КПД в условиях функционирования на качке, а также настраивается на среднюю частоту колебаний вследствие воздушного демпфирования колебаний инерционного тела и большой постоянной времени механической колебательной системы, что не всегда оправдано в условиях качки с двухмодальным спектром, который возникает от наложения волн зыби на ветровые волны.

Частной технической задачей разрабатываемого преобразователя является совершенствование конструкции прототипа. Разрабатываемый преобразователь позволит производить перенастройку частоты собственных колебаний механической системы в зависимости от преобладающей частоты качки. Совершенствование конструкции производится путём её упрощения с уменьшением силы трения в её элементах и реализации управляемого электромагнитного демпфирующего механизма.

Исследование режимов функционирования преобразователя. На (рис. 1) представлен общий вид преобразователя энергии качки объекта, который представляет собой индукционный реобразователь, использующий схему линейного акселерометра. Он работает следующим образом: при движении объекта с преобразователем на

волнении, инерционное тело 1 (подвижная масса m), образованное цилиндрическими постоянными магнитами ротора и магнитоэлектрическими элементами (стальными пластинами), и имеющее упругий подвес в виде пружин 2 с коэффициентом жёсткости с ж, совершает линейное возвратно-поступательное движение по направляющей. В обмотке генератора 3 вырабатывается переменное напряжение, пропорциональное скорости движения подвижной массы.

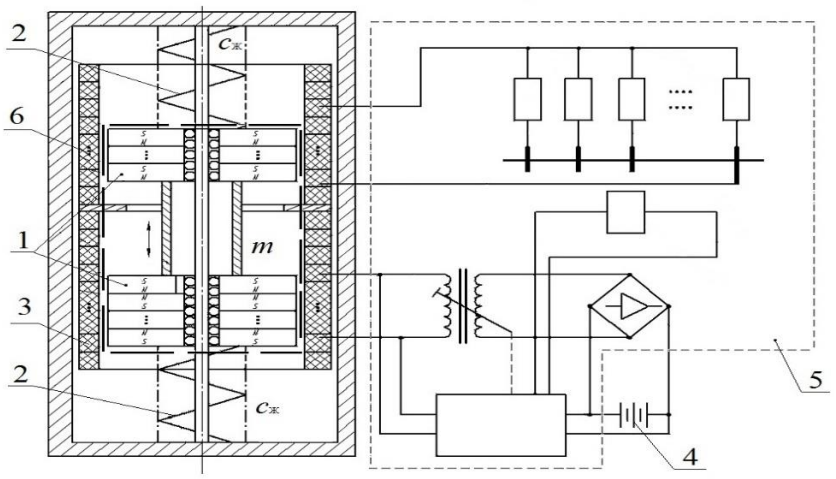


Рис. 1. Схема преобразователя энергии морского волнения

Регулирование амплитуды переменного напряжения, поступающего с обмотки генератора 3 на вход аккумулятора 4, осуществляется с помощью системы управления 5. С целью увеличения КПД преобразователя, механическая колебательная система настраивается в резонанс с преобладающей частотой волнения. Для этого система управления 5 осуществляет расчёт преобладающей частоты вертикальной качки объекта, на котором установлен преобразователь, и создаёт силу электромагнитного торможения подвижной массы 1 за счет изменения протекающего тока в обмотке магнитоэлектрического элемента 6, что обеспечивает перенастройку частоты собственных колебаний механической системы преобразователя, необходимую для работы в резонансном режиме с преобладающей частотой вертикальной качки объекта. Учитывая, что преобладающая частота колебаний будет изменяться в зависимости от интенсивности волнения, изменение собственной частоты может быть реализовано путём изменения степени успокоения системы ξ.

Примем, что преобразователь работает при условии волнения моря от 3 до 7 баллов. Диапазон значений периода для развитого волнения составляет: τ_m = (5,5 – 11), с. Из гидромеханики известны выражения [4], связывающее длину волны λ, м, с её периодом: $\lambda = 1{,}56 \cdot \tau_m^2$; и частотой ω, 1/с:

$$\omega = \sqrt{(2\pi \cdot g)/\lambda}, \quad (1)$$

где: g – ускорение свободного падения, м/с^2; λ – длина волны, м.

Как известно [5], выражение для частоты собственных колебаний механической системы ω_c, 1/с, имеет вид:

$$\omega_c = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - \xi^2}, \quad (2)$$

где: $\omega_0 = \sqrt{c_ж/m}$– частота недемпфированных колебаний системы, 1/с; $c_Ж$ – коэффициент жёсткости, Н/м; m – масса инерционного тела, кг; $\xi = \frac{K_Д}{2 \cdot \sqrt{c_ж \cdot m}}$ – степень успокоения системы; $K_Д$ – коэффициент демпфирования, кг/с.

Таким образом, перенастройка частоты собственных колебаний ω_c механической системы может быть достигнута за счет изменения степени успокоения системы ξ или коэффициента демпфирования $K_Д$. Для оценки параметров системы управления рассчитан диапазон изменения степени успокоения системы ξ в зависимости от частоты ω волнения. Согласно выражению (1) формула для степени успокоения ξ будет иметь вид:

$$\xi = \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}. \quad (3)$$

Расчёты по формуле (3) показывают, что при параметрах системы: m = 0,2 кг, $c_Ж$ = 2,81 Н/м, и частоте волнения в диапазоне от 0,57 до 1,14 1/с, степень успокоения системы ξ изменяется в диапазоне от 0,952 до 0,988 в зависимости от частоты волнения моря. При m = 0,25 кг, ξ изменялась в пределах от 0,940 до 0,986; а при m = 0,3 кг ξ изменялась в пределах от 0,928 до 0,983. Результаты расчёта при различных значениях массы инерционного тела показали, что увеличение инерционной массы преобразователя ведёт к увеличению мощности преобразователя, но также к расширению диапазона изменения степени успокоения ξ необходимой для настройки в резонансный режим, что приводит к усложнению системы управления. Также было определено, что при выбранных параметрах волнения и механической системы, среднее значение скорости за период колебаний изменяется в диапазоне от 1,09 до 2,76 м/с, а максимальное значение скорости – от 1,71 до 4,43 м/с.

На втором этапе работы был произведён расчёт и моделирование электромагнитной системы. Перед началом моделирования был произведён выбор размеров конструктивных элементов электромеханической системы, а затем выбор компонентов магнитной цепи преобразователя.

Было проведено моделирование магнитного поля в магнитной цепи преобразователя, с целью проверки того, обеспечивает ли выбранная геометрия и характеристики элементов магнитной системы требуемую индукцию в магнитной цепи, а именно: 1) магнитная индукция в воздушном зазоре между ползуном и статором должна быть не менее 0,6 Тл; 2) магнитная индукция в ярме статора должна быть не более 1,8 Тл. В результате моделирования было получено, что с увеличением воздушного зазора уменьшается значение индукции в нём, а также что при величине воздушного зазора от 0,5 до 1 мм полученные значения индукции удовлетворяют предъявленным требованиям к преобразователю.

Затем было проведено моделирование работы преобразователя в динамике, и проведено исследование влияния величины воздушного зазора между инерционным телом и статором, числа витков, а также скорости перемещения инерционного тела на ток и напряжение, вырабатываемое генератором. При проведении исследований было принято, что: номинальное напряжение аккумулятора составляет – 10,8 В; ток заряда аккумулятора – от 1,4 до 5,8 А; скорость перемещения инерционного тела (далее – ИТ)

изменяется от 1 до 3 м/с; диапазон значений диаметра провода от 0,375 до 0,6 мм. В результате исследования было получено, что:

1. при большей скорости перемещения инерционного тела вырабатывается большее напряжение и ток и чем больше воздушный зазор между статором и ИТ, тем ниже значения тока и напряжения;
2. при величине воздушного зазора 1 мм выбранный аккумулятор заряжается только при скорости перемещения ИТ от 1,8 м/с, для воздушного зазора 0,75 мм – аккумулятор заряжается при скорости от 1,5 м/с, а для воздушного зазора 0,5 мм –от 1,2 м/с.

Также было проведено исследование влияния числа витков провода в пазах статора на вырабатываемые генератором напряжение и ток при различных значениях воздушного зазора. При проведении исследования было принято, что скорость перемещения инерционного тела – 2 м/с. В ходе анализа полученных зависимостей было получено, что:

1. при величине воздушного зазора 1 мм с точки зрения вырабатываемого тока и напряжения наиболее эффективной является схема с 65-ю витками;
2. при величине воздушного зазора 0,75 мм с точки зрения вырабатываемого тока эффективным является схема с 43-ю витками, а с точки зрения напряжения – с 54-ю витками;
3. при величине воздушного зазора 0,5 мм с точки зрения тока эффективным количеством является 35 витков, а с точки зрения напряжения – 45 витков.

Выводы

Анализ полученных характеристик показал, что среди выбранных геометрических исполнений генераторов максимальную мощность вырабатывает генератор с h_{ag} = 0,75 мм, площадью паза под обмотку $S_{паза}$ = 24,16 мм^2, сопротивлением фазы $R_{фазы}$ = 1,5 Ом, числом витков w_k = 34 и $d_{пров}$ = 0,6 мм. Максимальная рабочая температура обмоток такого генератора составляет T_{max} = 69°C. Исходя из результатов моделирования, для выбранного генератора была построена характеристика зависимости вырабатываемой генератором мощности от амплитуды волны, и, соответственно, от балльности волнения, которая представлена на рис. 2.

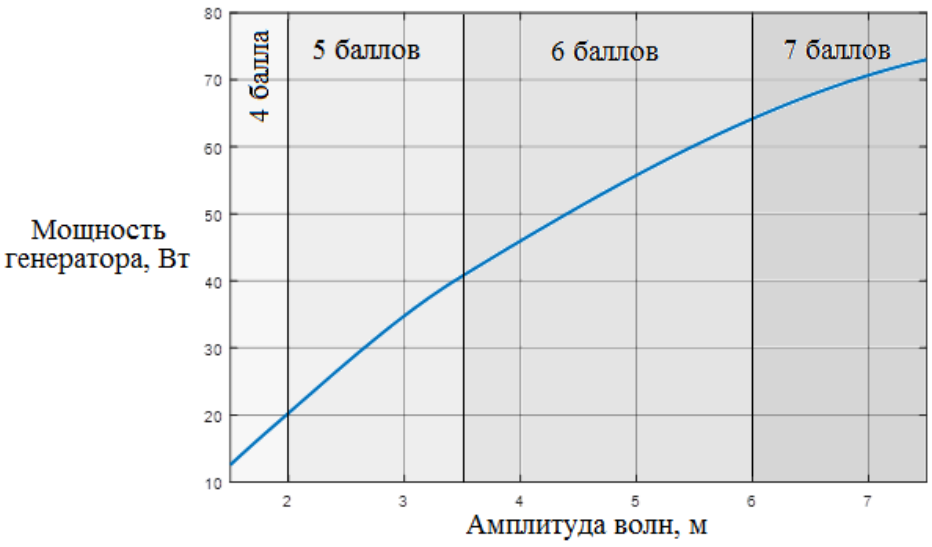


Рис. 2. Зависимость вырабатываемой мощности генератора от амплитуды волнения

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Восполнение энергии батарей морских автономных аппаратов возможно путём применения линейного индукционного генератора, использующего энергию качки носителя;
2. Увеличение инерционной массы преобразователя ведёт к расширению диапазона изменения степени успокоения ξ, необходимой для настройки в резонансный режим, а также одновременно приведёт и к увеличению мощности преобразователя и к усложнению его системы управления;
3. Наиболее эффективным с точки зрения КПД является резонансный режим работы рассматриваемого преобразователя.

Полученные результаты будут использоваться в дальнейшем для усовершенствования конструкции преобразователя.

Литература

1. Бучацкий П. Ю. Перспективные технологии преобразования возобновляемой энергии. [Электронный ресурс] / П. Ю. Бучацкий. Режим доступа – своб.: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-tehnologii-preobrazovaniya-vozobnovlyaemoy-energii
2. Филипов А. М. Обзор источников электрической энергии безэкипажных надводных аппаратов. [Электронный ресурс] / А. М. Филипов. Режим доступа – своб.: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-istochnikov-elektricheskoy-energii-bezekipazhnyh-nadvodnyh-apparatov
3. Пат. 2577924 Российская Федерация, МПК7 F 03 B 13/16. Установка для восполнения энергии морских буев [Текст]/ Грязин Д.Г. Величко О.О.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор" (АО "Концерн "ЦНИИ" Электроприбор") – № 2015101953/06; заявл. 22.01.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8 – 7 с.: ил.
4. Власов В. Г. Теоретическая гидромеханика [Текст]/ В. Г. Власов. Ленинград: ОНТИ НКТП. Редакция судостроительной литературы, 1935. – 228 с.
5. Браславский Д. А. Приборы и датчики летательных аппаратов [Текст]/ Д. А. Браславский. Москва: Машиностроение, 1970. – 391 с.



Богомолов Владимир Валентинович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № Р4230
Направление подготовки: № 24.04.02 – Интеллектуальные системы управления движением и навигации
e-mail: bogomolov.v.v@yandex.ru

УДК 621.396.98

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛОНАСС/GPS-ПРИЕМНИКОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ СПУТНИКОВ

В.В. Богомолов
Научный руководитель – д.т.н., в.н.с. Д.А. Кошаев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

В настоящее время широкое применение получили приёмники спутниковых навигационных систем (СНС), обеспечивающие точность определениия координат 1 – 3 метра в автономном режиме при условии открытого неба. В условиях городской застройки из-за того, что сигнал СНС блокируется зданиями либо достигает потребителя по линии непрямого распространения, точность позиционирования резко снижается.

В некоторых случаях исправить положение позволяет применение интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем (ИСНС). Такие системы могут быть построены по слабосвязанной или сильносвязанной схеме. В первом случае комплексирование данных СНС и инерциальных навигационных систем (ИНС) выполняется на уровне готовых позиционных и скоростных решений приемника СНС. Во втором - на уровне "сырых" измерений от отдельных спутников - псевдодальностей и псевдоскоростей [1]. В условиях плотной городской застройки могут возникать ситуации, когда полное созвездие навигационных спутников (НС), необходимое для получения позиционных и скоростных решений, оказывается недоступным, при этом слабосвязанная ИСНС переходит в режим прогноза.

Точность ИСС, указанная в спецификации, может существенно отличатся от реальной в условиях ограниченной радиовидимости. Поэтому представляет интерес оценить пригодность слабо- и сильносвязанных систем в реальных условиях эксплуатации.

Помимо ИНС в условиях ограниченной видимости НС могут использоваться 3D карты городов. Так в [2] представлен метод, основанный на сопоставлении теней (shadow matching) от зданий при использовании 3D модели Лондона и видимых НС. Известные способы создания 3D моделей городов (перспективная аэрофотосъемка, воздушное/наземное лазерное сканирование) требуют дорогостоящего оборудования. Более экономичным является использование обычного приёмника СНС для определения параметров городской застройки.

Целью работы является разработка методов анализа точности ИСНС в городских условиях и определения параметров городской среды по данным приемника спутниковой навигации.

Анализ точности инерциально-спутниковых систем. Для анализа точности сильносвязанной и слабосвязанной ИСНС использована универсальная Matlab-программа для моделирования задач линейной фильтрации [3]. К ней была разработано дополнительное программное обеспечение для вычисления координат НС ГЛОНАСС и GPS по эфемеридам, расчета азимутов и углов восхождения НС; определения НС, попадающих в зону радиовидимости потребителя в текущей обстановке; расчета направляющих косинусов видимых НС и геометрических факторов: HDOP и VDOP. Предполагалось, что в состав ИСНС входит бесплатформенная ИНС, модель погрешностей которой может варьироваться с помощью настроек универсальной программы.

Для анализа точности сильно- и слабосвязанной ИСНС в условиях городской среды было проведено моделирование движения автомобиля. Рассматривались варианты использования данных ГЛОНАСС и GPS с тремя инерциальными измерительными модулями (ИИМ): UIMU LCI (Northrop Grumman Litef), STIM300 (Sensonor), ADIS16364 (Analog Devices).

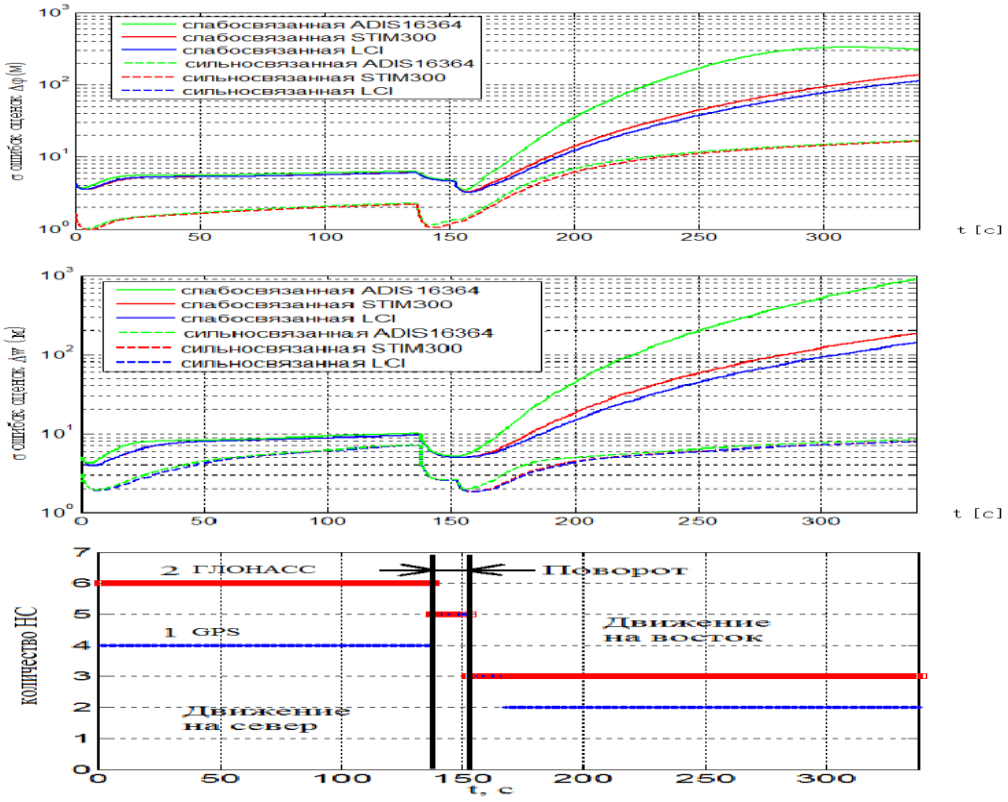


Рис. 1. СКО ошибок координат ИСНС и количество видимых НС

На рис. 1 показаны графики среднеквадратических отклонений (СКО) погрешностей ИСНС в выработке координат на основе указанных выше ИИМ в слабо- и сильносвязанном вариантах комплексирования при использовании данных ГЛОНАСС и GPS. Можно сделать вывод, что увеличение ошибки во второй половине моделирования для слабосвязанной схемы обусловлено деградацией геометрии видимого созвездия НС, в то время как сильносвязанная система оказалась боле устойчивой к такой ситуации. Все ИИМ при сильносвязанном комплексировании показывают примерно одинаковую точность позиционирования.

Построение модели городской среды по данным о положении навигационных спутников на границе их радиовидимости. Рассмотрим метод, который при помощи обычного СНС-приёмника позволяет определить параметры городской среды на основе

данных о видимых нисходящих, - исчезающих из области видимости, – и восходящих, – появляющихся в ней, – НС. Метод требует протяженных по времени реализаций измерений от антенн, установленных в двух разных положениях.

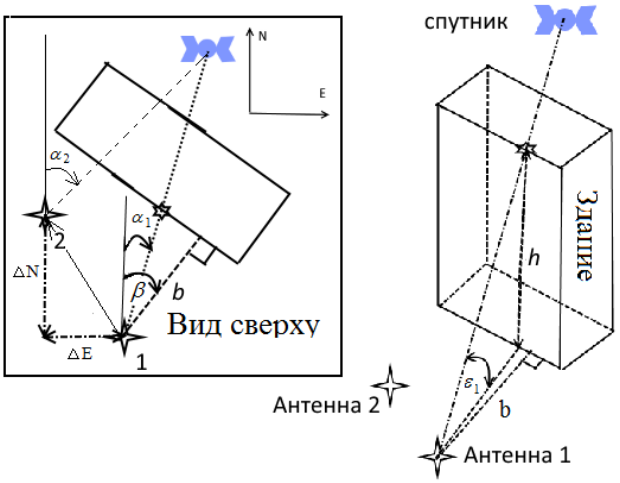


Рис. 2. Определение измеряемых и оцениваемых параметров

Исходя из геометрических соображений, вытекающих из рис. 2, справедливы следующие соотношения между параметрами здания и параметрами НС, находящихся на границе радиовидимости:

$$tg(\varepsilon_{1,i}) = h \cdot cos(\alpha_{1,i} - \beta)/b, \quad i = 1 \ldots n_1 \text{ для 1-й антенны,} \tag{1}$$

$$tg(\varepsilon_{2,j}) = h \cdot cos(\alpha_{2,j} - \beta)/(b - R\,cos(\beta - \delta)), \quad j = 1 \ldots n_2 \text{ для 2-й антенны,} \tag{2}$$

где i, j – порядковые номера НС, используемых в решении (один и тот же НС, используемый в разное время, будет иметь разные порядковые номера); β - угол нормали к плоскости стены здания, отсчитываемый от направления на север, b - расстояние от антенны до плоскости стены вдоль нормали, h – высота здания (строго говоря, это разность между высотой здания и высотой антенны), $\varepsilon_{1,i}$, $\varepsilon_{2,j}$, $\alpha_{1,i}$, $\alpha_{2,j}$ – углы восхождения и азимуты НС на границе радиовидимости;

$$R = \sqrt{(\Delta N)^2 + (\Delta E)^2} \tag{3}$$

δ - угол, такой что $cos(\delta) \propto \Delta N$, $sin(\delta) \propto \Delta E$, ΔN и ΔE - проекции вектора смещения антенны 2 относительно антенны 1 на географические оси. Можно использовать как две антенны, так и одну антенну, но в разных положениях. В (1) и далее предполагается, что высоты двух антенн (или двух положений одной антенны) одинаковы.

Соотношения (1) образуют нелинейную систему уравнений относительно трех неизвестных h, b, β. Значения ΔN и ΔE могут быть определены с высокой точностью с использованием дифференциального режима обработки СНС измерений или в режиме PPP (Precise Point Positioning). Значения α, ε могут быть получены лишь приближенно. Установить момент времени перехода НС границы радиовидимости можно по изменению отношения сигнал/шум. Отношение сигнал/шум, азимуты и углы восхождения НС присутствуют в регулярных сообщениях приёмника СНС. Для формирования разрешимой относительно h, b, β системы уравнений необходимо, чтобы $\beta - \delta \neq \pm 90$град.

Для каждого здания с плоскими стенами можно оценивать параметры независимо. Но если известно, что стены некоторой группы из L зданий перпендикулярны или параллельны стене 1-го здания, можно сократить общее число оцениваемых параметров и, в тоже время, повысить точность оценивания. В этой ситуации вектор состояния представляет собой $x=(\beta^1,\ h^1,\ b^1,\dots\ h^L\ ,\ b^L)^{\mathrm{T}}$. Он оценивается с помощью нелинейного метода наименьших квадратов (МНК) [4] как

$$\hat{x} = arg\min_{x}\left\{\sum_{k=1}^{L}\left(\begin{array}{c}\sum_{i=1}^{n_1^k}\left(tg(\tilde{\varepsilon}^k{}_{1,i}) - h^k\cos(\tilde{\alpha}^k{}_{1,i} - (\beta^1 - \Delta\beta^k))/b^k\right)^2 + \\ +\sum_{j=1}^{n_2^k}\left(tg(\tilde{\varepsilon}^k{}_{2,j}) - h^k\cos(\tilde{\alpha}^k{}_{2,j} - (\beta^1 - \Delta\beta^k))/(b^k - R\cos(\beta^1 - \Delta\beta^k - \delta))\right)^2\end{array}\right)\right\}, \qquad (2)$$

где верхний индекс $k=\overline{1,L}$ указывает на принадлежность параметра k-му зданию в рассматриваемой группе, $\tilde{\varepsilon}_{1,i},\tilde{\varepsilon}_{2,j},\tilde{\alpha}_{1,i},\tilde{\alpha}_{2,j}$ - приближенные значения углов НС при прохождении границы радиовидимости, $\Delta\beta^k = \beta^1 - \beta^k$=0° или ±90° или 180°, причем $\Delta\beta^1$=0.

Апробация представленного решения проведена путем моделирования и обработки натурных данных на примере с тремя зданиям, показанными на рис. 3. От каждой антенны измерения поступали в течение 24ч. При моделировании были использованы эфемериды реальных спутников ГЛОНАСС и GPS, на основе которых определены углы восхождения $\varepsilon_{1,i},\varepsilon_{2,j}$ НС на границе радиовидимости. Погрешности $\Delta\varepsilon_{1,i} = \varepsilon_{1,i} - \tilde{\varepsilon}_{1,i}$, $\Delta\varepsilon_{2,j} = \varepsilon_{2,j} - \tilde{\varepsilon}_{2,j}$ определения углов восхождения НС моделировались в виде гауссовских, центрированных, некоррелированных величин с СКО 1.5°. Азимуты $\tilde{\alpha}_{1,i},\tilde{\alpha}_{2,j}$, также участвующие в решении, определялись по сгенерированным $\tilde{\varepsilon}_{1,i},\tilde{\varepsilon}_{2,j}$ и известным траекториям НС. Было промоделировано 2000 решений. На (рис. 4) приведены гистограммы ошибок оценивания параметров трех зданий на основе (2).

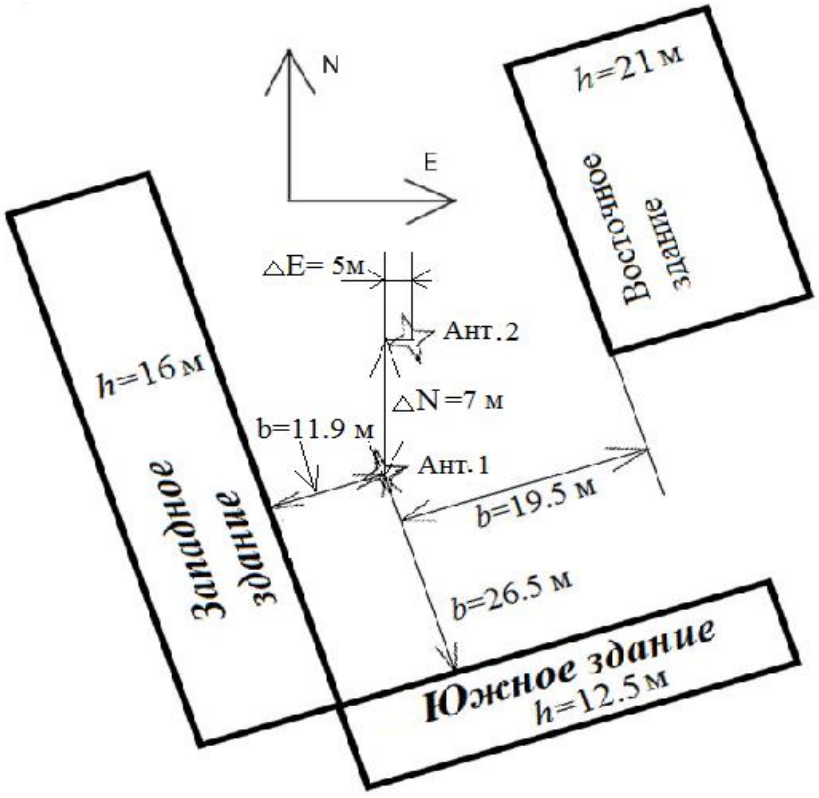


Рис. 3. Обработка натуральных данных

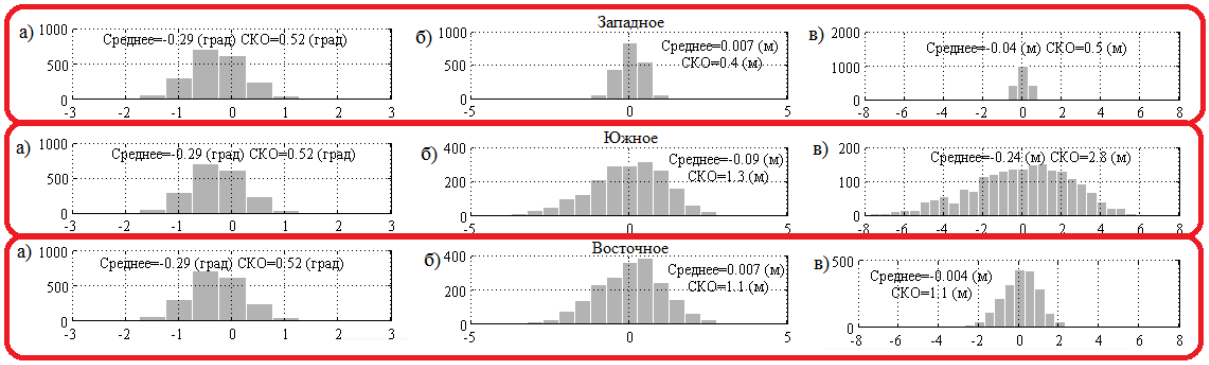


Рис. 4. Гистограммы ошибок оценок а) угла β, б) высоты h, в) расстояния b

Натурные испытания проводились с использованием ГЛОНАСС/GPS приёмника NovAtel серии SE и антенны NovAtel GPS-702-GG. Эталонные значения параметров зданий были получены с использованием ручных средств и картографических данных. В следующей ниже таблице приведены полученные по натурным данным результаты двух вариантов решения: 1 – для отдельных зданий; 2 – с учетом параллельности и перпендикулярности стен зданий. Обращаем внимание, что число измерений здесь меньше, чем при моделировании, в связи с отбраковкой недостоверных данных [4].

Таблица

Ошибки определения параметров зданий по натурным данным

Здание	Ошибка оценки β, град		Ошибка оценки b, м		Ошибка оценки h, м	
	Вариант решения		Вариант решения		Вариант решения	
	1	2	1	2	1	2
Западное	2	2	1	1	1.2	1
Южное	3	4	2.6	2.4	1.3	1.1
Восточное	26	3	5	1.5	0.4	0.7

Заключение

Разработан метод для оценки погрешности слабосвязанной и сильносвязанной ИСНС, предусматривающий формирование измерений на основе актуальных эфемерид СНС и определение рабочего созвездия с учетом конкретных особенностей городской среды. Представлены результаты моделирования методических примеров, позволяющие количественные оценить преимущества сильносвязанной схемы перед слабосвязанной в городских условиях при использовании трёх ИИМ.

Представлен метод определения параметров зданий на основе анализа положений нисходящих и восходящих НС. Проведена апробация метода в реальных городских условиях. Рассмотрены два варианта оценивания параметров городской застройки: первый – для каждого отдельного здания, второй – для группы зданий с учетом параллельности и перпендикулярности их стен. При решении с использованием натурных данных приемника СНС наилучшие результаты были получены для второго варианта решения. Ошибки определения высот зданий и расстояний до них здесь составили 0.7-2.4 м, а ошибки определения угла нормали к стене – 2-4 °.

Литература

1. B. W. Parkinson, J. J. Spliker Global. Positioning System: Theory and Applications. Jr. V. I. 1996.
2. L. Wang, P. D. Groves, and M. K. Ziebart, GNSS shadow matching: improving urban positioning accuracy using a 3D city model with optimized visibility prediction scoring in Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS ’12), pp. 423-437, September 2012.
3. Степанов О.А., Кошаев Д.А. Универсальные MATLAB-программы для анализа потенциальной точности и исследования чувствительности фильтров в интегрированных навигационных системах // Гироскопия и навигация. 2004. №2. С. 81-92.
4. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 1998.



Бушуев Кирилл Русланович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра высшей математики,
группа № Р4295
Направление подготовки: № 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: krbushuev@gmail.com

УДК 004.032.26

СТАБИЛИЗАЦИЯ КВАДРОКОПТЕРА С ПОМОЩЬЮ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

К.Р. Бушуев
Научный руководитель – к.т.н. И.С. Лобанов

Работа выполнена в рамках темы НИР №617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

Работа посвящена проблеме стабилизации квадрокоптера в автоматическом режиме. В наше время существует множество способов стабилизации квадрокоптера: PID-контролер, сверточные нейронные сети, использование датчиков расстояния и GPS координат, но все они не способны одновременно удовлетворять следующими критериям: возможности учета производственных конструкционных дефектов квадрокоптера, отсутствию дополнительных модулей, изменяющих массово-габаритные характеристики квадрокоптера и возможности учета конструкционных дефектов, приобретенных в результате эксплуатации. В рамках данной работы предложен алгоритм стабилизации на основе нейронных сетей. Для его работы достаточно обычной управляющей платы и стандартного набора датчиков (акселерометр, гироскоп, магнитометр и барометр). Основным плюсом данного алгоритма является способность учитывать конструкционные особенности квадрокоптера не имея изначальных сведений о его конфигурации.

Ввиду дороговизны и большой длительности реальных испытаний была построена математическая модель для симуляции данных получаемых от датчиков в процессе полета [1 – 2]. Будем рассматривать квадрокоптер, как систему материальных точек на жесткой раме вида $r_k = [r_{x_k} \quad r_{y_k} \quad r_{z_k}]^T$. Нам будет достаточно 5 точек. Обозначим координаты центра квадрокоптера за $\vec{r}_0$,координаты тогда будут$\vec{r}_1 \dots \vec{r}_N$, где N = 4, так как мы работаем с квадрокоптером у которого 4 двигателя. Также у каждой из материальных точек будет масса m_k. В данном разделе нам часто придется вычислять расстояние между материальными точками. Для удобства будем обозначать его следующим образом $\vec{r}_{jk} = \vec{r}_j - \vec{r}_k$

Основной причиной движения квадрокоптера являются действующие на него силы. В нашу модель мы заложим следующие из них: гравитационные, подъемные, вращательные, сопротивления воздуха и поправочные. Тогда уравнение сил, действующих наk -ю точку квадрокоптера, будет выглядеть согласно формулам (1, 2).

$$F(t) = \sum_{k=0}^{N} F_k(t) + F_{Rest}(t) \quad (1)$$

$$F_k(t) = \begin{cases} F_{Grav_k}(t) + F_{Rest_k}(t) + F_{Lagr_k}(t), если k = 0 \\ F_{Grav_k}(t) + F_{Rest_k}(t) + F_{Lagr_k}(t) + F_{Lift_k}(t) + F_{Rot_k}(t), иначе \end{cases} \quad (2)$$

Определим каждую из компонент (3 – 7), для того чтобы было возможно вычислить ускорение центра масс квадрокоптера.

$$F_{Grav_k}(t) = m_k\vec{g} \tag{3}$$

$$F_{R\,e\,st_k}(t) = S_{\%_k}k_{rest_k} \cdot \frac{\rho \cdot \left(\dot{r}_{Basis_{copter}}(t)\right)^2}{2} \cdot S \tag{4}$$

$$F_{Lagr_k}(t) = \sum_{j\neq k} \lambda_{jk} \cdot \vec{r}_{jk}(t) \tag{5}$$

$$F_{Lift_k}(t) = k_{lift_k} \cdot \omega_k(t) \cdot \vec{n}(t) \tag{6}$$

$$F_{Rot_k}(t) = \sum_{j\neq k}\left(k_{rot_k}\omega_k^2(t) + I_k(t)\dot{\omega}_k(t)\right)\frac{\vec{n}(t)\times\vec{r}_{jk}(t)}{\|\vec{r}_{jk}(t)\|} \tag{7}$$

Определив положение вращательное и поступательное ускорение квадрокоптера, мы сможем симулировать полетные данные от датчиков. Уравнения поступательного ускорения возьмем из второго закона Ньютона согласно формуле (8).

$$\ddot{r}_c(t) = \sum_{k=0}^{N} \frac{F_k(t)}{m_k} \tag{8}$$

Формулы необходимые для вычисления вращательного ускорения коптера представлены в (9–13).

$$\dot{\omega}(t) = I_c^{-1}(t)(T - \omega(t) \times L(t)) \tag{9}$$

$$T = \sum_k r_{kc}(t) \times F_k(t) \tag{10}$$

$$I_c(t) = \sum_k I_k(t) \tag{11}$$

$$I_k(t) = m_k(r_{kc}(t)^T r_{kc}(t) \cdot E - r_{kc}(t)^T r_{kc}(t)) \tag{12}$$

$$L = I_c(t)\omega(t) \tag{13}$$

На вход стабилизационному алгоритму подается 14 параметров: напряжение с моторов, угловые скорости, ускорения, данные по напряженности магнитного поля, а также атмосферное давление. После чего проводятся 4 этапа обработки данных:

1. Фильтрация, позволяющая отсечь шум, создаваемый в канале. В качестве основного фильтра был выбран упрощенный фильтр Калмана.
2. Конвертация входных параметров к виду необходимому для работы нейронной сети и градиентного спуска
3. Управление отклонениями коптера. На этом этапе проходит минимизация отклонений текущего положения коптера от стабилизированного состояния, а также прогнозирование данных в следующий момент времени.
4. Конвертация выходных скоростей вращения моторов в напряжение, необходимое для перехода в прогнозное состояние.

Именно на 3 этапе проводится обучение прогнозирующей нейронной сети, а после используется метод стохастического градиентного спуска для минимизации отклонений на основе данных, получаемых в результате работы сети [3]. Таким образом

по окончании каждой итерации мы принимаем наиболее корректное решение, основанное на текущем состоянии физической модели, заложенной в нейронную сеть. Общая схема алгоритма управления отклонениями представлена на (рис. 1).

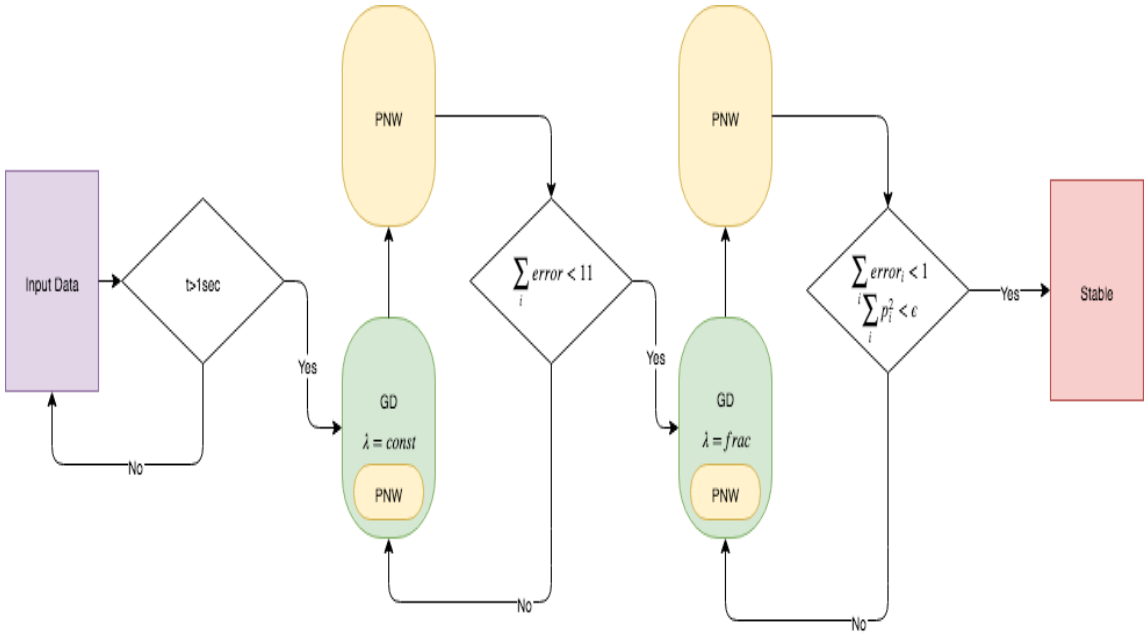


Рис. 1. Схема алгоритма управления отклонениями

Алгоритм разбит на три логические части, каждая из которых отвечает определённому состоянию прогнозирующей нейронной сети:

Шаг 1 – Накопление данных. На данном этапе в течении секунды на моторы подается мощность чуть большая чем необходима для поддержания его в равновесном состоянии. За одну секунду наш датчик успевает отработать 51 раз, позволив нам собрать 50 элементов в обучающей выборке.

Шаг 2 – Оптимизация с градиентом постоянного шага, при слабообученной нейронной сети. Данный шаг может занимать различное время, так как критерием выхода из данной ветки является сходимость нейронной сети к корректному предсказанию. Постоянный шаг выбран для того, чтобы мы не могли сильно отклониться от точки минимума или оказаться в локальном минимуме, пока нейронная сеть не обучится достаточно хорошо. В нашем случае СКО всех выходных параметров не должно превышать установленной нами константы равной 11.

Шаг 3 – Оптимизация с градиентом переменного шага. В тот момент, когда мы можем доверять показаниям нейронной сети мы можем начать стабилизацию с переменным шагом. В этот момент мы будем сходиться к точке минимума, а по мере приближения к целевому значению (обнулению всех показателей с датчиков за исключением барометра) шаг нашего градиентного спуска будет изменяться. И через какое-то количество итераций мы сможем стабилизировать дрон.

Учитывая нелинейность поставленной задачи для реализации корректного прогнозирования нейронная была реализована на ориентированном графе с разделением входной и выходной информации [4 – 5]. Это позволило рассчитывать параметры по отдельности, выдавая корректную информацию на выходах Схема нейронной сети представлена на (рис. 2).

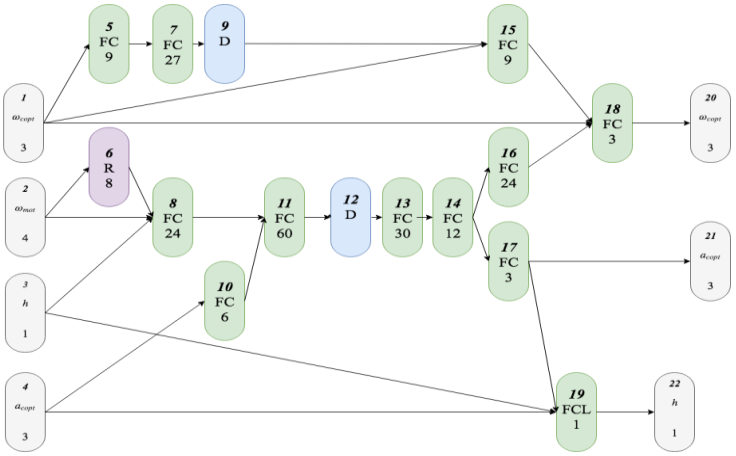


Рис. 2. Схема прогнозирующей нейронной сети

Для обучения сети использовался метод обратного распространения ошибки с модификацией для ожидания отработки всех исходящих из данной вершины слоев. Обучающиеся выборки формировались 2 способами: полным накоплением полетных данных и использованием в эпохе обучения всего набора и случайным выбором из полного набора данных выборки фиксированного размера для ускорения времени отработки 1 эпохи нейронной сети. В результате тестирования различных конфигураций нейронной сети и начальных параметров обучения получены результаты, представленные в таблице.

Таблица

Результаты работы алгоритмов

Название параметра	Случайная выборка	Полная выборка
Обучение нейронной сети		
Среднее число эпох	1254	812
Среднее время обучения	24 с	16 с
Accuracy	83.17	93.87
Стабилизация коптера		
Среднее число проходов градиента	787	546
Среднее время обучения	16 с	11 с
Точность %	78.56	95.05
Асимптотика времени цикла	O(GD)+O(SNW)	K*(O(GD)+O(SNW))

В рамках данной работы был проведен комплексный анализ существующих способов стабилизации квадрокоптеров. Была создана математическая модель, способная имитировать полет квадрокоптера по заданным начальным данным и скоростям вращения моторов. После тестирования нескольких конфигураций прогнозирующей нейронной сети была выбрана наиболее оптимальная структура, показавшая лучшие результаты на основе тестовой выборки, а также симуляции полета. Для проведения исследовательской работы был разработан комплекс программ на языке программирования Python включающий генератор конфигураций квадрокоптера, генератор полетного плана, симулятор квадрокоптера, стабилизирующий алгоритм, логгер, а также визуализатор полета.

Результаты работы позволяют с уверенность сказать, что разработанный метод может применяться на квадрокоптерах различных видов и назначений, начиная с легких

дешевых моделей, развлекательного характера, заканчивая сложными тяжелыми аппаратами, используемыми для видеосъемки, доставки грузов, а также сбора данных.
Подводя итоги хотелось бы снова обратить внимание на особенности предложенного метода. Плюсами является автономность стабилизации, возможность учета конструкционных дефектов, а также высокая адаптивность. Также мы нисколько не увеличили массу квадрокоптера, а значит не изменили летно-технические характеристики дрона. К минусам метода можно отнести не самую низкую вычислительную сложность.

Литература

1. Bouktir Y., Haddad M., Chettibi T. Trajectory planning for a quadrotorHelicopter/ 16th Mediterranean Conference on Control and AutomationCongress Centre, Ajaccio, France, June 25–27, 2008 pp 1258–1263
2. Luukkonen T. Modelling and Control of Quadcopter// School of Science, Espoo, August 22, 2011.
3. Marc Toussaint Some notes on gradient descent // Machine Learning & Robotics lab, FU Berlin 2012
4. Adam Gibson, Josh Pattersons Deep Learning A Practitioner's Approach// O'Reilly Media 2017
5. Nikhil Buduma, Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms O'Reilly Media 2017.



Вавринюк Дмитрий Михайлович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных
электромеханических систем,
группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика
и электротехника
e-mail: sailar_salazarn@mail.ru

УДК 621-37

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ РЕКТЕННЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.

Д.М. Вавринюк
Научный руководитель – к.т.н., доцент К.С. Горшков

Работа основана на экспериментальном подходе проектирования всего блока питания, путем замены (блока питания) на накопитель радиочастотной энергии, для питания устройств с малой потребляемой мощностью. В любом беспроводном переносном устройстве в виде источника питания используется аккумуляторная батарея, что приводит к ограничению свободы перемещения и сокращению срока службы устройства. Так как увеличить срок службы батареи по-прежнему не представляется возможным, одним из решений является проектирование схем безаккумуляторных приборов. Устройство получает электрический ток, путем преобразования энергии (электромагнитной, световой, температурной или радиочастотной), находящейся в окружающей среде. Среди перечисленных возможных источников, солнечная энергия имеет максимальную плотность, сотни мВт выходной мощности, но доступен только в дневное время. Радиочастотная энергия – лучший вариант. Хоть она и имеет плотность выходной мощности сотни мкВт, но доступна непрерывно (днем и ночью), полученную энергию необходимо накапливать. Радиочастотная энергия доступна в диапазоне AM, RF распространяется без ограничений. Внешними источниками радиосигнала являются: приемопередатчики Wi-Fi, радио AM/FM, телевизионного вещание, мобильной сеть и устройств связи. Устройство преобразования радиочастотной энергии в электрический ток называется rectenna [1, 3, 4].

Цель исследования – определить возможность применения ректенн для передачи и преобразования электрической энергии от неспециализированных источников (станции вещания цифрового телевидения, вышки сотовой связи) в г. Санкт-Петербурге. Rectenna – устройство, представляющее собой выпрямляющую антенну. Оно предназначено для преобразования энергии электромагнитного поля в электрическую энергию, с возможностью её накопления. Состоит из: источника питания (антенна), блок преобразования напряжения из переменного в постоянное (схема согласования + выпрямитель напряжения) и накопитель энергии (аккумулятор).

В задачи проведённой работы входило: изготовление ректенны для частот 950 Мгц (частота сетей gsm) и 549 Мгц (частота цифрового телевидения г. Санкт- Петербург), с помощью данных устройств необходимо было провести измерение городских районов, для оценки плотности магнитного поля, из полученных результатов предложить модернизацию устройства с целью повышения эффективности работы.

Вопрос о питании устройств от бесплатной энергии актуален. Питание осуществляется путем преобразования (Ambient energy) окружающей энергии,

излучаемой от неспециализированных источников (станциями радиовещания, передатчиками мобильной связи и Wi-Fi и т.д.). Сбор RF энергии из окружающей среды и преобразование её в электрический ток осуществляется ректенной. Ректенна применяется для обеспечения независимого энергоснабжения устройств, которые потребляют чрезвычайно низкое количество энергии в течение рабочего цикла[2]. Например, беспроводные сенсорные узлы, удаленные контроллеры, маломощные светодиоды и т.д. Ректенна представляет собой устройство, состоящее из источника питания (выпрямляющая антенна), LC колебательного контура, выполняющего задачи цепи согласования и усиление сигнала на резонансной частоте. Далее следует умножитель напряжения, он же диодный выпрямитель. В задачи исследования не входит проектирование антенн, поэтому в исследование используется покупные антенны серийного производства на рабочей частоте 470-862 МГц, R=75 и 890-960 МГц, R=50. Для согласования сопротивлений источника питания и цепи выпрямления используется LC колебательный контур. Необходимо рассчитать и подобрать такую индуктивность, чтобы минимизировать влияние паразитных параметров на качество согласования. Перед тем как проектировать цепь согласования, необходимо знать входное сопротивление цепи выпрямителя напряжения. Выпрямитель напряжения представляет собой простой умножитель напряжения на диодах, который выполняя две функции: выпрямление и умножение напряжения. В проектируемой схеме использовалось 4 каскада и умножение производилось примерно в 4 раза. На качество выпрямления напрямую влияет выбор диодов. Так как работа осуществляется в высокочастотном диапазоне, то были выбраны диоды Шоттки.

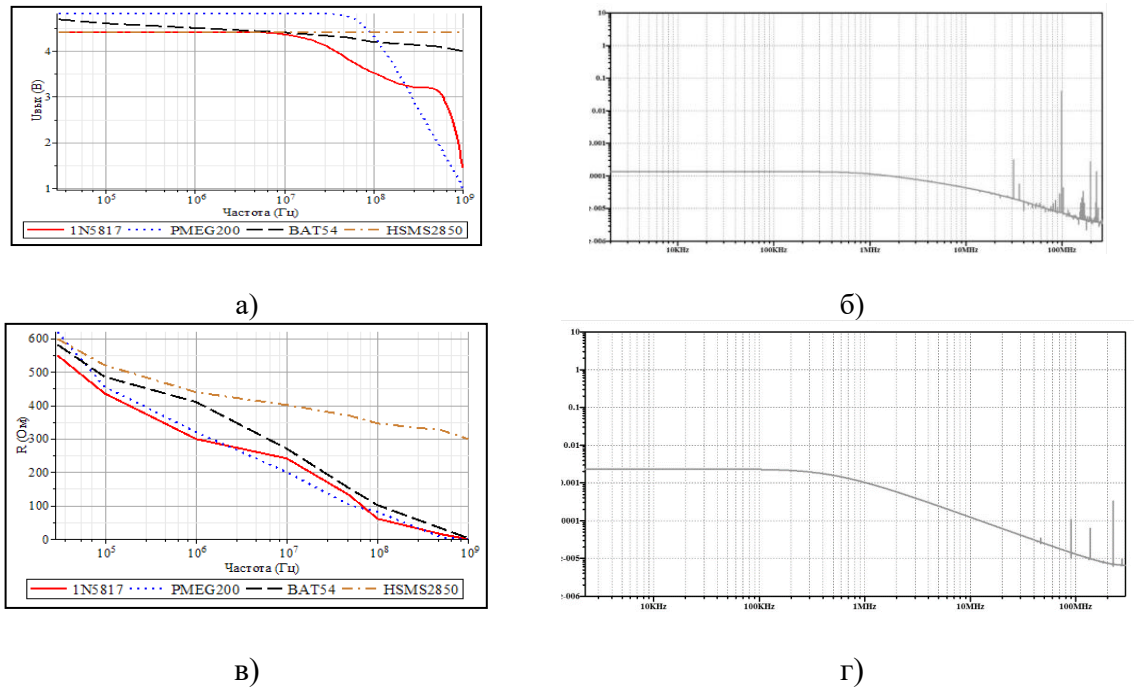
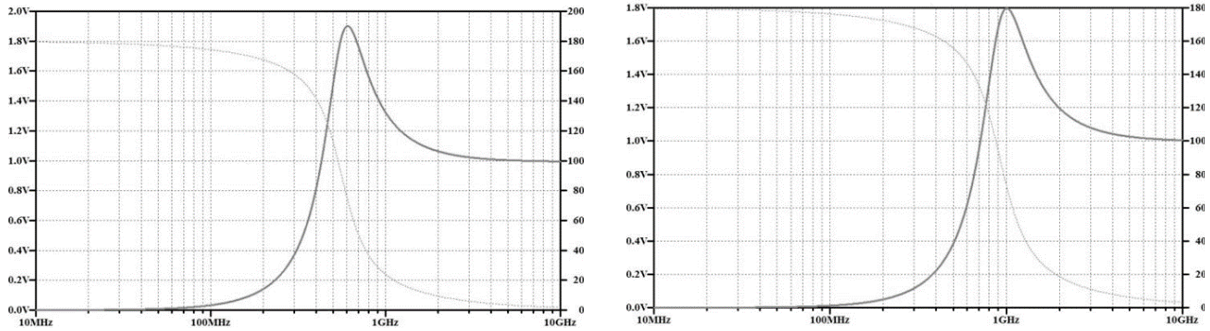


Рис. 1. (А) Сравнение $U_{вых}$ умножителей, (Б) FFT анализ $U_{вых}$ умножителя на BAT54, (В) Сравнение $R_{вх}$ умножителей, (Г) FFT анализ $U_{вых}$ умножителя на HSMS2850

Были промоделированы четыре умножителя напряжения на диодах (рис. 1), HSMS2850, BAT54, PMEG200 и 1N5817, наиболее часто встречаемых в литературе по данной теме исследования. Из полученных результатов, приведённых на (рис. 1), можно сделать вывод, что выпрямители напряжения на диодах HSMS2850 и BAT54 в диапазонах больших частот показывают высокое выходное напряжение. Однако выпрямитель на диодах HSMS2850 лучше выпрямляет сигнал в области высоких частот

(это видно из быстрого преобразования фурье) и имеет ненулевое входное сопротивление в отличии от других выпрямителей. Моделирование проводилось в бесплатном пакете моделирования электрических схем LTspice XVII, использовались SPICE модели диодов.

Результаты моделирования цепей согласования для двух резонансных частот 549 и 950 МГц приведены на (рис. 2).

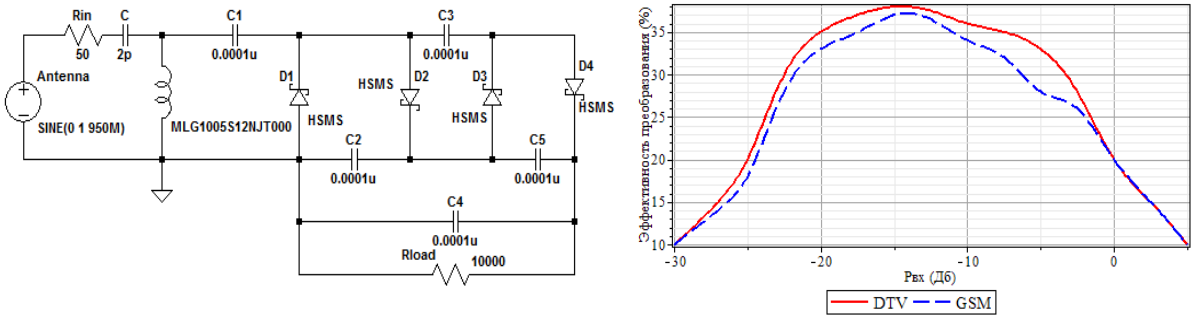


а) б)

Рис. 2. АЧХ и ФЧХ цепи согласования для ректенны (А) 549МГц (Б) 950 МГц

Из графиков АЧХ видно, что резонанс происходит на частоте источника питания, широкая полоса пропускания позволяет работать еще с близлежащими частотами.

Путем тщательного подбора элементов при моделировании всей ректенны получилось добиться эффективности преобразования переменного сигнала в постоянный свыше 30% при входной мощности – 15Дб (рис. 3).



а) б)

Рис. 3. (А) Модель ректенны, (Б) эффективность преобразования переменного сигнала в постоянный

При помощи изготовленных двух ректенн было проведено исследование городского массива города Санкт-Петербург, а точнее синей ветки метро, табл. 1.

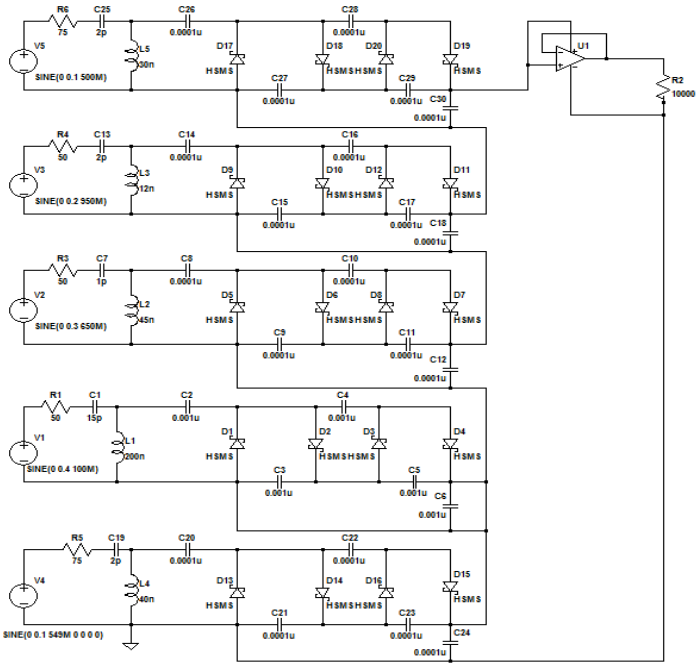
Из полученных результатов исследования можно сделать вывод о том, что максимальное напряжение, которое можно получить, находится вблизи башни телерадиовещания. Но такого количества энергии недостаточно чтобы запитать какое-либо маломощное устройство. Поэтому для повышения эффективности решено использовать многополосную ректенну. Многополосная ректенна представляет собой несколько последовательно или параллельно соединённых ректенн, работающих в разных частных диапазонах.

Таблица 1

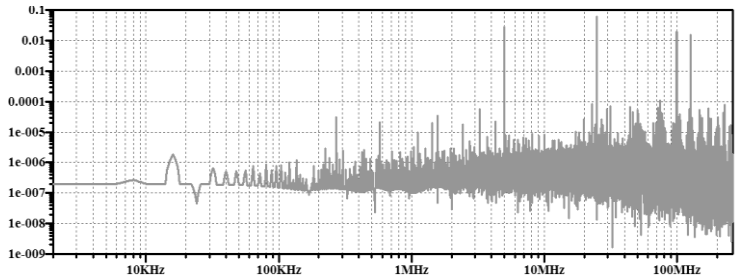
Результаты исследования городского массива

Станция метро	950Мгц, мВ	549Мгц, мВ	950Мгц, мВт	549Мгц, мВТ
Парнас	3	39,8	0,009	1,58404
Проспект Просвещения	1	164	0,001	26,896
Озерки	1,2	126,1	0,00144	15,90121
Удельная	2,8	34,6	0,00784	1,19716
Пионерская	0,5	198,7	0,00025	39,48169
Чёрная речка	1,4	99,8	0,00196	9,96004
Петроградская	1,9	11,6	0,00361	0,13456
Горьковская	4,1	9,5	0,01681	0,09025
Невский проспект	4,1	2,7	0,01681	0,00729
Сенная площадь	1,3	21,9	0,00169	0,47961
Технологический институт	1	6,9	0,001	0,04761
Фрунзенская	1,9	8,8	0,00361	0,07744
Московские ворота	0,7	75,1	0,00049	5,64001
Электросила	4,9	9,8	0,02401	0,09604
Парк Победы	2,7	9,8	0,00729	0,09604
Московская	2	6,1	0,004	0,03721
Звёздная	2,4	4,1	0,00576	0,01681
Купчино	2,8	8,8	0,00784	0,07744

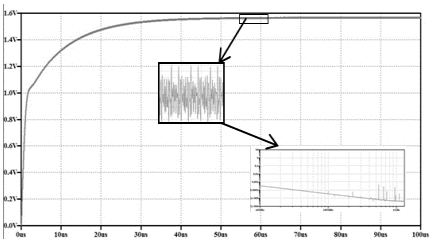
Согласование сопротивлений каждой ректенны с нагрузкой выполняет операционный усилитель, собранный как повторитель, запитанный от самой ректенны. Сложение сигналов происходит, когда операционный усилитель получает напряжение близкое к минимальному напряжению питания. Результаты моделирования многополосной ректенны приведены на рис. 4. На входе многополосной ректенны создается сложный несинусоидальный сигнал, состоящий из нескольких частотных каналов.



а)



б)



в)

Рис. 4. (А) Модель многополосной ректенны на ОУ NJM4580L, (Б) Сложный сигнал Uвх, включающий каналы DTV, FM и GSM, (В) Напряжение на выходе ОУ

На выходе такой схемы получаем неидеально выпрямленное напряжение, которым можно запитать маломощное устройство, но собрать многополосную ректенну не представляется возможным ввиду нехватки времени и ограниченности финансовых возможностей. Эксперимент по зарядке аккумулятора в городских условиях с помощью многополосной ректенны не удалось провести.

Выводы: Установлено, что наиболее эффективными для выпрямления высокочастотных сигналов являются схемы на основе диодов HSMS2850. Разработаны и изготовлены ректенны для частот 549 МГц и 950 МГц, обеспечивающие высокую эффективность преобразования напряжения из переменного в постоянный сигнал.

Выполнены измерения с ректеннами в условиях городской среды Санкт-Петербурга. Установлено, что для стабильной и эффективной работы ректенны в условиях Санкт-Петербурга недостаточно использования одного сигнала на одном частотном диапазоне. Предложен способ объединения ректенн на основе повторителя на ОУ. Результаты моделирования показали, что данное техническое решение работоспособно и подлежит дальнейшему исследованию.

Литература

1. Zahriladha Zakaria, Nur Aishah Zainuddin, Mohd Nor Husain, Mohamad Zoinol Abidin, "Current Developments of RF Energy Harvesting System for Wireless". Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS).June 2013.
2. J. Tavares, N. Barroca, H. M. Saraiva, L. M., Borges, F. J. Velez, C. Loss, N. Borges Carvalho,"Spectrum opportunities for electromagnetic energy harvesting from 350 mhz to 3 ghz," In Medical Information and Communication Technology (ISMICT), 2013 7th International Symposium on (pp. 126-130). IEEE ,March 2013.
3. Д.В Грецких, А.В Гомозов, В.А. Назаренко. Методика расчета приемно-выпрямительных элементов ректенн систем беспроводной передачи энергии. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина
4. Parks, AN, Sample, AP, Zhao, Y. A wireless sensing platform utilizing ambient RF energy. In: Proceedings of the 2013 IEEE topical conference on biomedical wireless technologies, networks, and sensing systems (BioWireleSS), Austin, TX, 20–23 January 2013, pp.331–333.



Васнева Наталья Васильевна
Год рождения: 1984
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра управления и права,
группа № S 4215
Направление подготовки: № 38.04.02 – Управление человеческими ресурсами
e-mail: vesnavosne@yandex.ru

УДК 65.011.14

ПОДГОТОВКА ПРОЕКТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА НА ПРИМЕРЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Н.В. Васнева
Научный руководитель – к.ю.н., доцент М.Ф. Воронина

С 1 июля 2016 года начала действовать статья 195.3 «Порядок применения профессиональных стандартов» Трудового кодекса Российской Федерации. Работодатели обязаны применять профстандарты, если требования к квалификации, которая необходима сотруднику для выполнения определенной трудовой функции, установлены Трудовым кодексом, федеральными законами или иными нормативно-правовыми актами (например: статья 11 Закона об Образовании). Для остальных работодателей профстандарты носят рекомендательный характер.

Профессиональный стандарт разрабатывается самим профессиональным сообществом (отраслевыми ассоциациями и объединениями работодателей) и принимается Министерством труда Российской Федерации. Для получения законной силы данному документу необходима регистрация в Министерстве юстиции Российской Федерации.

На декабрь 2017 года в реестре профессиональных стандартов Министерства труда Российской Федерации в разделе электроэнергетика представлено 32 профессиональных стандарта.

Среди них разработаны в основном профстандарты на рабочие специальности. Профстандарт на инженерные специальности отсутствует, однако разработан профстандарт на инженерные специальности в смежных областях, таких как теплоэнергетика и атомная промышленность. Попробуем самостоятельно разработать проект профессионального стандарта инженера-проектировщика гидротехнических сооружений.

Для разработки профессионального стандарта необходимо руководствоваться следующим планом:

1. Разработка документов: (уведомление о разработке проекта профессионального стандарта; обоснование необходимости разработки проекта профессионального стандарта; план разработки профессионального стандарта);
2. Направление в Минтруд России заявки на разработку профессионального стандарта и комплекта необходимых документов
3. Создание рабочей группы по разработке профессионального стандарта
4. Подготовка проекта профессионального стандарта:

a. Анализ профессиональных стандартов (российских и зарубежных), схожих с разрабатываемым профессиональным стандартом;
b. Сбор требований к Профессии со стороны заинтересованных групп;
c. Анализ нормативных правовых актов, иных документов, в которых определены требования к квалификации по профессиям, должностям, специальностям по видам

профессиональной деятельности, соответствующим разрабатываемому профессиональному стандарту.
5. Общественное обсуждение и экспертиза проекта профессионального стандарта.
6. Публикация проекта профессионального стандарта в сети «Интернет» (на сайте www.naair.ru).
7. Доработка проекта с учетом правок и предложений после общественного обсуждения
8. Размещение доработанного проекта профессионального стандарта на сайте Минтруда России и сайте www.naair.ru для общественного обсуждения.
9. Общественное обсуждение второй редакции проекта профессионального стандарта
10. Сбор, обобщение и анализ замечаний и предложений по итогам общественного обсуждения профессионального стандарта. Окончательная подготовка проекта профессионального стандарта и пояснительной записки.
11. Подача необходимых документов в Минтруд России:

a. проект профессионального стандарта; пояснительная записка к проекту профессионального стандарта;
b. сведения об организациях, принимающих участие в разработке проекта профессионального стандарта;
c. информация о результатах общественного обсуждения.

12. Рассмотрение пакета документов (включая проект профессионального стандарта) в Минтруде России (до 10 дней после подачи)
13. Общественное обсуждение проекта профессионального стандарта (до 15 дней)
14. Направление проекта профессионального стандарта в профильный федеральный орган исполнительной власти (до 15 дней)
15. Подготовка федеральным органом исполнительной власти замечаний и предложений по проекту профессионального стандарта и их учет разработчиками.
16. Направление проекта профессионального стандарта в Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям для получения экспертного заключения с рекомендациями для его утверждения;
17. Утверждение профессионального стандарта Минтруда России и присвоение регистрационного номера Минюстом России.
18. Проведение конференций, круглых столов, семинаров и других публичных мероприятий, размещение информации о ходе разработки профессиональных стандартов в СМИ [1 – 3].

Первым шагом в составлении проекта профессионального стандарта будет анализ профессиональных стандартов, схожих с разрабатываемым профессиональным стандартом.

В реестре профессиональных стандартов на сайте Министерства труда Российской Федерации (http://profstandart.rosmintrud.ru) представлены следующие схожие с разрабатываемым профессиональным стандартом профстандарты:

- Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности;
- Инженер-проектировщик по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии;
- Инженер по строительству атомных электрических станций;
- Инженер наземных и гидротехнических сооружений плавучих атомных станций;
- Инженер-проектировщик тепловых сетей;
- Инженер-проектировщик газооборудования технологических установок, котельных и малых теплоэлектроцентралей.

Все перечисленные выше профессиональные стандарты схожи требованием к образованию и обучению, опыту практической работы, необходимыми знаниями, различаются трудовыми функциями [4 – 6].

Следующим шагом в подготовке проекта профессионального стандарта будет сбор требований к Профессии.

Для инженера-проектировщика гидротехника существуют следующие требования и описание профессии: общая характеристика профессии. Специалист в области проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Должностные обязанности (приведем некоторые из них):

1. На основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации объектов и с использованием средств автоматизации проектирования разрабатывает отдельные разделы (части) проекта.
2. Принимает участие в подготовке заданий на разработку проектных решений.
3. Участвует в сборе исходных данных для проектирования, в решении технических вопросов по закрепленным объектам на протяжении всего периода проектирования, строительства, ввода в действие объекта и освоения проектных мощностей.

Должен знать

1. Методы проектирования и проведения технико-экономических расчетов.
2. Принципы работы, технологии изготовления и монтажа оборудования и конструкций, виды и свойства материалов.
3. Постановления, распоряжения, приказы вышестоящих и других органов, методические и нормативные материалы по проектированию, строительству и эксплуатации объектов.
4. Организацию труда и производства; правила и нормы охраны труда.

Квалификационные требования

Высшее техническое образование, возможно строительное, архитектурное.

После того как собраны требования к профессии необходимо проанализировать нормативные правовые акты, иные документы, в которых определены требования к квалификации по профессиям, должностям, специальностям по видам профессиональной деятельности, соответствующим разрабатываемому профессиональному стандарту.

На данном этапе следует рассматривать должностную инструкцию инженера-проектировщика.

Также нам необходимо руководствоваться нормативно правовой документацией, применяемой в работе инженером-проектировщиком гидротехником. Среди таких документов следует назвать ряд основных: Градостроительный кодекс Российской Федерации от 22.12.2004; «Земельный кодекс Российской Федерации» № 136-ФЗ от 25.10.2001 (в редакции от 29.07.2017 № 280-ФЗ); «Водный кодекс Российской Федерации» № 74-ФЗ от 03.06.2006 (в редакции от 29.07.2017 № 261-ФЗ); «Лесной кодекс Российской Федерации» № 200-ФЗ от 04.12.2006 (в редакции от 01.07.2017 № 143-ФЗ); Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»; Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 N 145 (ред. от 15.12.2017) «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий»; Приказ от 30.03.2015 №365 «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и другие [7 – 10].

Проанализировав представленную нормативную базу и должностную инструкцию делаем проект профессионального стандарта инженера-проектировщика гидротехника.

Ниже приведем титульный лист профессионального стандарта инженера-проектировщика гидротехника.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ
Инженер-проектировщик гидротехник

Регистрационнй номер

Содержание

I. Общие сведения .....
II. Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт (функциональная карта вида профессиональной деятельности
III. Характеристика обобщенных трудовых функций……
3.1. Обобщенная трудовая функция «Подготовка проектной и рабочей документации по гидротехническим сооружениям» .....
3.2. Обобщенная трудовая функция «Выполнение специальных расчетов по гидротехническим сооружениям» .....
3.3. Обобщенная трудовая функция «Руководство работниками, осуществляющими проектирование гидротехнических сооружений».....
IV. Сведения об организациях – разработчиках профессионального стандарта.....

I. Общие сведения

Проектирование гидротехнических сооружений	
(наименование вида профессиональной деятельности)	Код

Основная цель вида профессиональной деятельности:

Подготовка проектной и рабочей документации по гидротехническим сооружениям

Группа занятий:

2141	Инженеры в промышленности и на производстве	2142	Инженеры по гражданскому строительству
(код ОКЗ)	(наименование)	(код ОКЗ)	(наименование)

Отнесение к видам экономической деятельности:

71.12.1	Деятельность, связанная с инженерно-техническим проектированием, управлением проектами строительства, выполнением строительного контроля и авторского надзора
(код ОКВЭД)	(наименование вида экономической деятельности)

После того, как проект профессионального стандарта готов необходимо провести Общественное обсуждение и экспертизу проекта профессионального стандарта. Опубликовать проект профессионального стандарта в сети «Интернет» (на сайте www.naair.ru). Если есть необходимость - доработать проект с учетом правок и предложений после общественного обсуждения и вновь разместить доработанный проект профессионального стандарта на сайте Минтруда России и сайте www.naair.ru

для общественного обсуждения. Затем готовится окончательная подготовка проекта профессионального стандарта и пояснительной записки и документы отправляются в Министерство Труда Российской Федерации. В Министерстве Труда проект проходит стадию общественного обсуждения и направляется (в нашем случае) в Министерство энергетики. Затем проект профессионального стандарта направляется в Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям для получения экспертного заключения с рекомендациями для его утверждения, после чего Министерство Труда Российской Федерации утверждает профессиональный стандарт и Министерство Юстиции Российской Федерации присваивает ему регистрационный номер.

Разработка профессионального стандарта для гидротехнической отрасли позволяет иметь нормативно-правовую базу, позволяет закрепить ведущую роль и ответственность профессиональных сообществ при формировании квалификационных требований к работникам в целях максимального соответствия уровня профессионализма трудовых ресурсов задачам развивающегося производства. Разработанный профессиональный стандарт позволяет, при успешном внедрении, не только повысить качество образования, но и наглядно показать какие требования следует предъявлять к потенциальным работникам гидротехнической отрасли.

Литература

1. Информация Минтруда России по вопросам применения профессиональных стандартов от 05.04.2016.
2. «Земельный кодекс Российской Федерации» № 136-ФЗ от 25.10.2001 (в редакции от 29.07.2017 № 280-ФЗ).
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 22.12.2004.
4. Макет профессионального стандарта, утв. Распоряжением Президента РСПП от 28 июня 2007 года № ПР-46. Положение о профессиональном стандарте, утв. Распоряжением Президента РСПП от 28 июня 2007 года № ПР-46.
5. Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 N 145 (ред. от 15.12.2017) «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».
6. Постановление Правительства РФ от 22 января 2013 г. N 23 «О Правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
8. Постановление Правительства РФ от 22.01.2013 N 23 (ред. от 09.02.2018) «О Правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов».
9. Привезенцев М. В., Олейникова О. Н., Муравьева А. А. и др. Профессиональные стандарты как основа для подготовки конкурентоспособных работников: Методическое пособие. М., 2007. С. 15.
10. Приказ от 30.03.2015 №365 «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».



Волкова Дарья Вячеславовна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов
из растительного сырья,
группа № 4216
Направление подготовки: № 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья
e-mail: lika152007@inbox.ru

УДК 664.642

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE ШТАММА Y3194

Д.В. Волкова
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Головинская

Работа выполнена в рамках темы НИР №617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Особый интерес в современной биотехнологии представляют дрожжи Saccharomyces cerevisiae, связано это со спецификой их метаболизма. Аэробный и анаэробный энергетические обмены являются основой для получения продуктов брожения. Ферменты, произведенные дрожжами, участвуют в сложных химических реакциях во время брожения и включают не только формирование спирта, но также органических кислот и сложных эфиров, которые влияют на вкус и варьируются от штамма к штамму [1].

Следовательно, растет интерес к новым штаммам дрожжей, которые могут помочь управлять разнообразием и сложностью вкусов и ароматов готовых хлебобулочных изделий, желаемых на сегодняшнем потребительском рынке. Был выбран штамм дрожжей, который в настоящее время не используется в хлебопечении, чтобы изучить его потенциал для брожения хлеба [3].

В связи с тем, что получен новый штамм дрожжей S.cerevisiae Y 3194 появилась возможность использования его в хлебопечении, что несомненно является актуальным для развития хлебопекарной отрасли. Тоесть расширение ассортимента штаммов для хлебопекарной промышленности, придание нового вкуса и аромата готовым хлебобулочным изделиям.

Целью исследования являлось обоснование возможности использования нового штамма дрожжей в хлебопечении и разработка технологии хлеба пшеничного с использованием нового штамма дрожжей, соответствующего физико-химическим и органолептическим показателям качества.

Задачи исследования:

- исследовать влияние нового штамма дрожжей на реологические характеристики тестового полуфабриката;
- исследовать влияние нового штамма дрожжей на качество пшеничного хлеба при опарном, безопарном, ускоренном и ускоренном на концентрированной молочнокислой закваске способах приготовления теста;
- исследовать влияние нового штамма дрожжей Y3194 на процесс сохранения свежести при хранении готовых изделий.

Исследования проводили в Международном учебном центре хлебопечения и технологии хлеба университета ИТМО и в лабораториях на базе СПБФ ФГАНУ НИИХП.

Эксперимент основан на исследовании влияния нового штамма дрожжей при четырех способах тестоведения.

Объектами исследования являлись:

- дрожжи новый штамм (далее опытный образец), не применяемые в настоящее время в хлебопечении;
- дрожжи хлебопекарные прессованные ОАО «Комбинат пищевых продуктов» (далее контрольный образец).

Физико-химические и органолептические показатели дрожжей определяли по ГОСТ Р 54731-2011 «Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия». Также дрожжи были визуально изучены на микроскопе AXIO ZEISS Lab. A1. Опытный образец имеет крупные клетки, правильной овальной формы. Клетки не почкуются. Клетки в среднем крупнее, чем у подобных штаммов дрожжей, что в свою очередь отвечает одному из требований, предъявляемых к хлебопекарным дрожжам.

В результате проведенных исследований были получены показатели качества исследуемого штамма, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества дрожжей

Наименование показателя	Значение показателей качества	
	Образец	
	Контрольный	Опытный
Влажность, %	70,0 ± 0,5	71,0 ± 0,5
Кислотность, мг уксусной кислоты/100 г	150 ± 1	162 ± 1
Подъемная сила, мин	59 ± 1	70 ± 1

Согласно таблице, опытный образец дрожжей незначительно отличается от контрольного образца по влажности, практически не уступает в подъемной силе и обладает более высоким показателем кислотности. Показатели используемых дрожжей соответствуют нормативной документации.

Для определения влияния опытного образца дрожжей оказываемого на свойства тестовых полуфабрикатов и качество готовых изделий выпекали хлеб. Количество воды в тесте рассчитывали исходя из влажности муки 14,5%. Нормативные рецептуры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Нормативные рецептуры хлеба

Наименование сырья	Способ тестоведения			
	Опарный	Безопарный	Ускоренный	На КМКЗ
Мука пшеничная высшего сорта, кг	100	100	100	100
Закваска, кг	–	–	–	9,9
Дрожжи прессованные, кг	1,0	2,5	4,0	2,0
Соль поваренная пищевая, кг	1,3			

Замес теста производили в тестомесильной машине марки URAN-20. Брожение теста вне зависимости от способа приготовления осуществлялось при t=35°С. Окончание брожения определяли по органолептическим показателям и накоплению титруемой кислотности. Выброженное тесто делили на куски, формовали, расстойка производилась в расстоечном шкафу SVEBA DAHLEN AB DCJ – 1, при температуре 35°С и влажности 80%. Выпечка в ротационной хлебопекарной печи марки SVEBA DAHLEN с режимом пароувлажнения при температуре 210°С в течение 18 минут. КМКЗ выводили по схеме, используя термостаты электрические суховоздушные марки ТС-1/80 СПУ.

Физико-химические показатели готовых изделий определяли по общепринятым методикам [2]. Реологические свойства теста определяли на реоферментометре RHEO F3 фирмы Chopin (Франция), результаты выражали в $см^3$ диоксида углерода, выделившегося за 5 часов брожения теста [2]. Удельный объем хлеба рассчитывали по отношению объема хлеба к его массе. Структурно-механические свойства готовых изделий изучали на структурометре СТ-2 [2].

График выделения диоксида углерода в процессе брожения представлен нам на рис. 1.

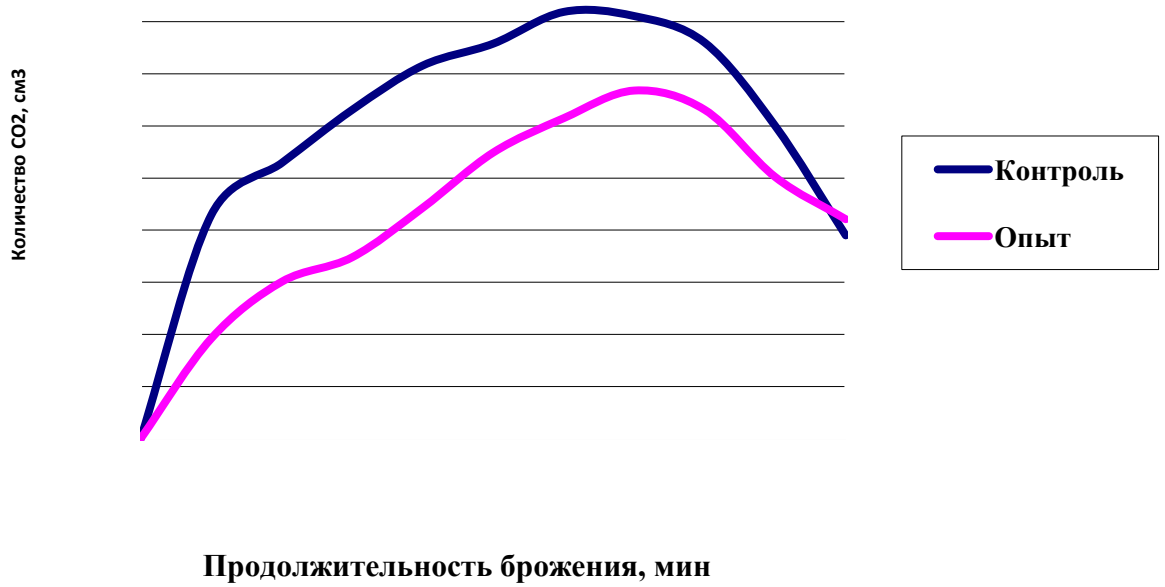


Рис. 1. Выделение диоксида углерода в процессе брожения теста

Газовыделение у опытного образца идет менее активно. График считается классическим графиком выделения диоксида углерода для штаммов хлебопекарных дрожжей.

Реоферментометрические показатели теста представлены в табл. 3. В таблице представлены реоферментометрические характеристики теста. Исходя из данных таблицы, делаем вывод о том, что брожение у контрольного образца происходит интенсивнее, коэффициент газоудержания отличается незначительно. В результате было установлено, что тесто с опытным образцом дрожжей выделило на 35% меньше CO_2 (1898 $см^3$), по сравнению с контрольным образцом дрожжей (2959 $см^3$). Исходя из результатов интенсивности газовыделения, можно объяснить объем образцов хлеба. Хлеб с контрольным образцом дрожжей имел больший объем, более развитую пористость, продолжительность брожения и расстойки у опытного образца была больше в среднем на 5%.

Таблица 3

Реоферментометрические показатели теста

Наименование показателя	Значение реоферментометрических показателей теста:	
	Контрольный образец	Опытный образец
Максимальное значение газовыделения, мм	82,1	66,8
Общий объем выделяемого диоксида углерода, $см^3$	2959	1898
Объем потерянного диоксида углерода, $см^3$	32	11
Удержанный объем диоксида углерода, $см^3$	2927	1887
Коэффициент газоудержания, %	98,9	99,4

По результату анализа физико-химических показателей хлеба, опытный образец дрожжей не оказал существенного влияния на влажность, кислотность и пористость готовых изделий, но и не ухудшил эти показатели, следовательно, опытный образец дрожжей наравне с контрольным позволяет получать готовые изделия хорошего качества.

При оценке органолептических показателей качества готовых изделий, было получено, что опарный способ приготовления теста с опытными дрожжами нецелесообразен, изделия не соответствуют требованиям органолептических показателей: изделия неправильной формы, имеют очень темную корку и заминающийся мякиш. Хлеба, приготовленные на опытных образцах дрожжей безопарным, ускоренным и ускоренным на КМКЗ способами, превосходят по органолептическим показателям контрольные образцы: более выраженный аромат хлеба, цвет мякиша светлее, окраска корки интенсивнее. Особенно это отмечается у безопарного способа приготовления теста. Готовые изделия в разрезе представлены на (рис. 2).



1 – Опарный контроль, 2 – Опарный опыт, 3 – Безопарный контроль, 4 – Безопарный опыт, 5 – Ускоренный контроль, 6 - Ускоренный опыт, 7 – КМКЗ контроль, 8 – КМКЗ опыт

Рис. 2. Готовые формовые изделия в разрезе

Изучили влияние нового штамма дрожжей на сохранение свежести хлеба при безопарном и ускоренном способах тестоведения. Упругая деформация сжатия мякиша на последний день выше у опытных образцов безопарного на 23%, ускоренного на 60%, чем у контрольных. Это свидетельствует о том, что хлеб, приготовленный с использованием нового штамма дрожжей, дольше сохраняет свежесть. Это связано с тем, что опытный образец дрожжей производит ряд побочных продуктов реакции, которые помогают сохранить свежесть хлеба.

Исследования показали, что новый штамм дрожжей можно применять в хлебопечении.

При оценке показателей качества готовых изделий, было получено, что опарный способ приготовления теста с опытными дрожжами нецелесообразен, изделия не соответствуют требованиям органолептических показателей. В качестве способа тестоведения рекомендован безопарный способ тестоведения.

Изучены хлебопекарные свойства опытного образца дрожжей, подобрана дозировка данных дрожжей, при которой готовые изделия имеют хорошие физико-химические и органолептические показатели.

Показано, что хлеб с опытными образцами дрожжей дольше сохраняет свежесть.

Полученные образцы хлеба (с новым штаммом дрожжей) обладают уникальными органолептическими характеристиками – характерной структурой, белоснежным цветом мякиша, ярко выраженным вкусом и ароматом.

Внедрение исследуемого штамма дрожжей является нововведением в данной отрасли.

Литература

1. Корячкина, С.Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства: Учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. - Орел: ФГОУ ВПО "Госуниверситет – УНПК", 2010. – 166 с.
2. Меледина Т.В., Дрожжи Saccharomyces cerevisiae. Морфология, химический состав, метаболизм: Учебное пособие / Т.В. Меледина, С.Г. Давыденко. - СПб.: Университет ИТМО, 2015. - 88 с.
3. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / Под. общ. ред. члена-корреспондента Российской академии сельскохозяйственных наук А.П. Косована. – М.: Московская типография №2, 2008. – 271с.



Горбенко Анатолий Анатольевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения,
группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Технологическая подготовка производства приборов и систем
e-mail: anatoliydrake@mail.ru

УДК 681.518.5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

А.А. Горбенко
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.С. Андреев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 216648 «Разработка методики применения систем мониторинга производственного оборудования».

Задачи, связанные со снижением затрат, процента брака, ошибок, вызванных человеческим фактором, а также повышением эффективности, качества и экономичности, являются актуальными для любого приборостроительного предприятия. И сегодня для их решения существует целый спектр технологий «цифрового производства» (цифровое моделирование, промышленный интернет вещей, использование автономных роботов, «Большие данные» («BigData») и бизнес-аналитика), организация и внедрение которых способствует достижению итоговой цели – повышению качества производимой продукции [1]. Результаты внедрения позволяют повысить эффективность и энергоэффективность работы промышленного оборудования, производительность труда на предприятии и осуществлять более быструю переналадку и технологическую подготовку производства даже при высокой кастомизации массовых изделий. Поэтому использование технологий «цифрового производства» является достаточно актуальным для технологических объектов крупных промышленных предприятий. Немаловажную роль на производстве играет система контроля качества продукции, для которой условиях современного рынка, жесткой конкуренции и постоянного совершенствования технологий на предприятиях различных областей промышленности остро встает проблема быстрого и всестороннего контроля деталей, оснастки, заготовок. Важной особенностью существующей в условиях «цифрового производства» на приборостроительных предприятиях системы контроля качества продукции является использование систем мониторинга. Современное эффективное производство невозможно создать без мониторинга работы промышленного оборудования. Система мониторинга обеспечивает выполнение важнейших задач, нацеленных на повышение эффективности работы и эксплуатации оборудования современного предприятия, позволяет увеличить показатели бесперебойной работы, предотвратить выход из строя и свести к минимуму время его простоя. Для осуществления мониторинга и диагностики, оборудование, в первую очередь, необходимо подключить к такой системе. В связи со сложной классификацией и разнообразием контрольно-измерительного оборудования в настоящее время не существует универсальной методики подключения оборудования этого типа к системам мониторинга. Практическая значимость состоит в том, что благодаря предложенной методике была создана система мониторинга контрольно-измерительного оборудования в измерительной лаборатории, позволяющая отслеживать аварийные ситуации,

необходимость технического обслуживания, повысить эффективность эксплуатации оборудования и сократить время его простоев.

Целью данной работы была разработка и исследование системы мониторинга оборудования в измерительной лаборатории. Ввиду постоянного повышения кастомизации продукции появляется необходимость внедрения различных автоматизированных решений и технологий, наиболее популярные из которых и находящие применение на приборостроительных предприятиях следующие: антропоморфные роботы; машинное (техническое) зрение; комплексные решения автоматического контроля качества продукции в ходе технологического процесса; координатно-измерительные машины; виртуальная и дополненная реальность [2]. Рост автоматизации за счет внедрения таких технологий, с одной стороны, ведет к повышению производительности, а с другой – к увеличению численности единиц оборудования различных типов, которые необходимо контролировать. Для этого разрабатываются и внедряются решения, отвечающие концепции «цифрового производства».

Под «цифровым производством» понимается интегрированная система, включающая в себя средства цифрового моделирования и проектирования как самих продуктов и изделий, так и производственных процессов; трехмерной визуализации; инженерного анализа и другие системы, предназначенные для разработки конструкции изделий и технологических процессов их изготовления. Изменения в современной промышленности, которые «цифровое производство» подразумевает, будут происходить по следующим ключевым направлениям: промышленный «Интернет вещей»; «Большие данные» (англ. «BigData») и бизнес-аналитика; цифровое моделирование; автономные роботы; горизонтальная и вертикальная интеграция систем [3]. Исследовав перечисленные направления, можно сделать вывод о том, что определяющей задачей и первым шагом на пути к промышленному «Интернету вещей» является внедрение системы мониторинга. В качестве испытательного полигона для реализации исследования, направленного на разработку системы мониторинга оборудования в измерительной лаборатории, была выбрана распределенная площадка, в состав которой входят несколько единиц оборудования, находящихся на значительном территориальном удалении друг от друга.

Произведенный обзор и анализ наиболее распространенных на российских предприятиях систем мониторинга позволяет утверждать, что в зависимости от конкретной системы мониторинга набор реализуемых ими функций различен. Большинство из них использует программно-аппаратную реализацию сбора данных и более успешны на рынке за счет широкого спектра доступных функций, в то время как остальные – программную, но при этом они стремятся расширить свой функционал без использования дорогостоящих аппаратных средств. Для осуществления мониторинга и диагностики, оборудование, в первую очередь, необходимо подключить к такой системе. В ходе исследования была предложена методика подключения контрольно-измерительного оборудования к системе мониторинга, включающая следующие этапы: анализ исходных данных; выбор физической среды (технологии) передачи данных; определение используемого протокола передачи данных; разработка тестера и заполнение карты переменных; разработка коннектора; подключение физического устройства в интерфейсе системы мониторинга. Апробация ее проводилась с использованием системы мониторинга Winnum на базе измерительной лаборатории, включающую измерительное оборудование кафедры технологии приборостроения и кафедры интегрированных систем технической подготовки производства. После успешного подключения можно переходить на страницу оборудования и наблюдать за его работой. Например перейдя в приложение мониторинга можно получить график загрузки оборудования за выбранный период времени.

В качестве примера использования разработанной системы мониторинга оборудования в измерительной лаборатории можно привести использование текущих значений координат измерительного щупа. Система Winnum позволяет экспортировать значения контролируемых параметров. Следовательно, используя программное обеспечение, позволяющее строить трехмерные графики по импортируемым в него данным, можно получить график, подобный представленному на (рис. 1). На нем отражены положения измерительного щупа при проведении измерений по управляющей программе детали «Основание», каркасная модель которой для наглядности добавлена на график.

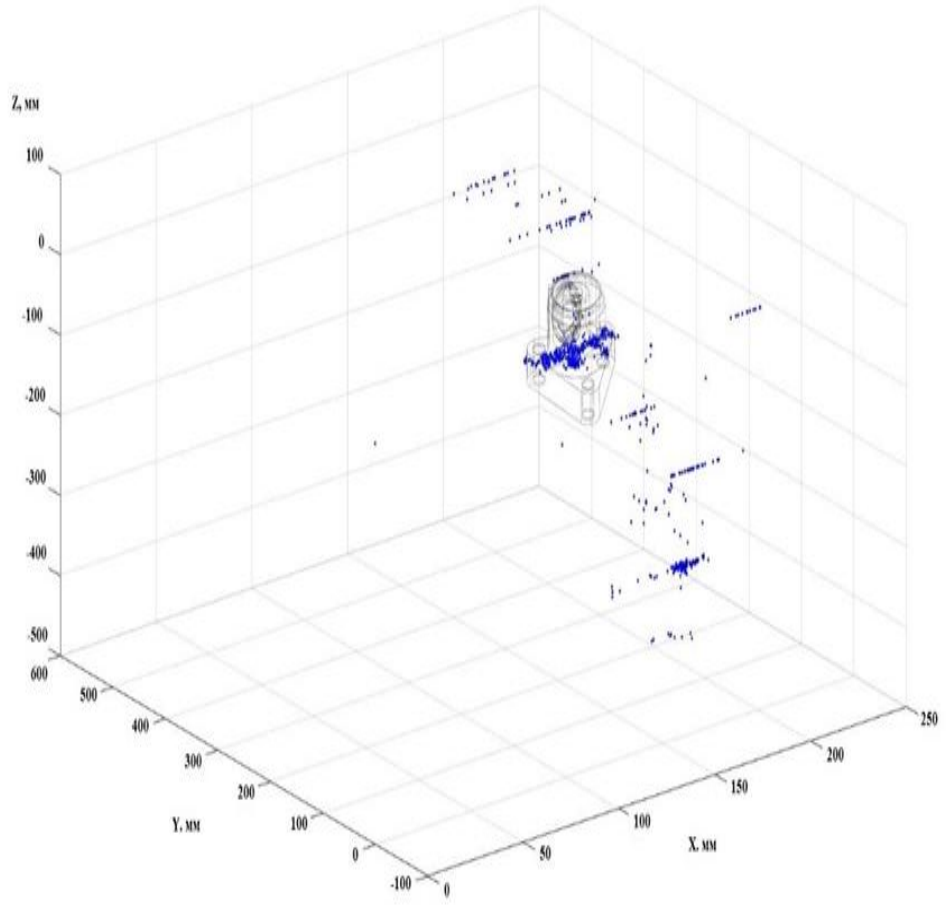


Рис. 1. Положения измерительного щупа

Winnum позволяет производить математические операции над значениями снимаемых с датчиков оборудования параметров. Следовательно, зная координаты двух соседних точек положения щупа и время перемещения между ними, можно получить значение скорости на данном участке траектории. Исследовав траекторию движения щупа в пределах одной управляющей программы, были выявлены несколько вспомогательных траекторий, выделенных на графике красным цветом (рис. 2), на которых перемещения щупа производились на пониженной подаче.

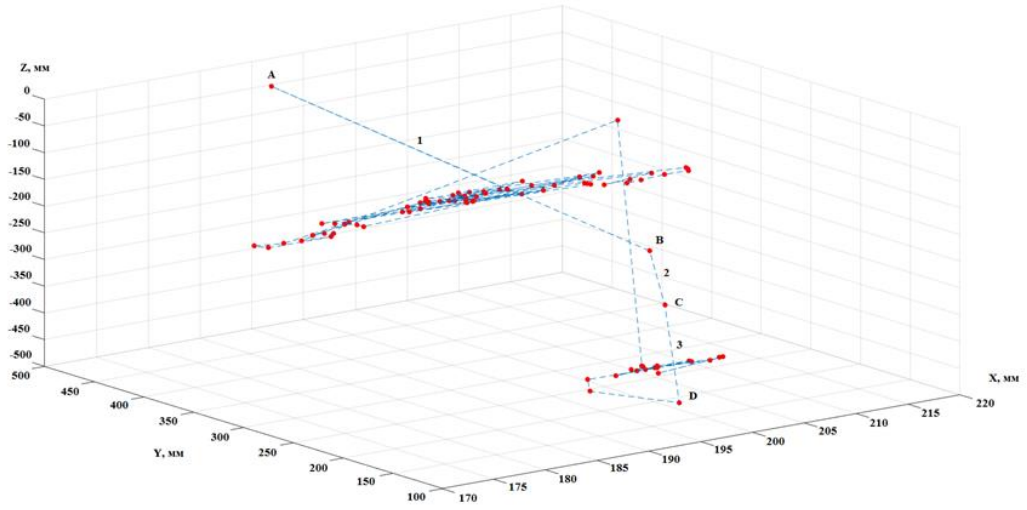


Рис. 2. Траектория движения измерительного щупа
по управляющей программе

Согласно расчетам, скорости перемещений щупа на участках 1, 2 и 3, каждый из которых он преодолевал за 15 секунд, составили значения, представленные во втором столбце таблицы, в то время как максимально допустимая производителем скорость равна 500 мм/с. Следовательно, установив, например, на этих участках скорость 300 мм/с, время перемещений сократится до значений, представленных в третьем столбце. А значит, повысив скорость перемещения на этих участках траектории, можно сократить время перемещения щупа по ним с 45 да 2,5 секунд. Аналогичным образом можно отследить и другие траектории, на которых скорость перемещения измерительного щупа может быть увеличена, и тем самым повысить эффективность использования координатно-измерительной машины засчет сокращения времени исполнения управляющей программы, что в свою очередь приведет к решению одних из самых актуальных задач приборостроительных предприятий – снижению затрат и повышению экономичности.

Таблица

Результаты расчетов

Длина участка траектории L, мм			Скорость V при t=15 с, мм/с			Время t при V=300 мм/с		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
391,5	107,7	225,4	26,1	7,18	15	1,3	0,4	0,8

В результате, согласно поставленной цели, была разработана и исследована система мониторинга оборудования в измерительной лаборатории. Накапливаемую при помощи таких систем информацию можно использовать для повышения эффективности работы промышленного оборудования и снижения связанных с его эксплуатацией затрат, брака, ошибок и продолжительности простоев. На основе разработанной системы возможно проводить исследования по повышению эффективности и решению других производственных задач, результаты которых могут быть использованы для

совершенствования производственных процессов на приборостроительных предприятиях.

Литература

1. Новые информационные технологии в образовании: материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 1–4 марта 2011 г.: в 2 ч. // ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2011. Ч. 2. 290 с.
2. Control Engineering Россия [Электронный ресурс]: Control Engineering Россия Октябрь 2017 // ООО «Электроникс Паблишинг»; под ред. В. О. Никифорова. – СПб.: ООО «Электроникс Паблишинг», 2017. – 88 с. – Режим доступа: http://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_0571_Listalka.pdf
3. Деловой портал «Управление производством» [Электронный ресурс]: Спецвыпуск Альманаха №1 «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» // ООО Портал «Управление Производством»; под ред. С. В. Жишкевич. - М.: ООО Портал «Управление Производством», 2017. – 115 с. – Режим доступа: http://up-pro.ru/imgs/specprojects/digital-pro/Digital_production_2.pdf



Горбунова Алена Алексеевна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения. Биотехнология продуктов лечебного,специального и профилактического питания
e-mail: goralyona@yandex.ru

УДК 637.344

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОЦЕССАХ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

А.А. Горбунова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

С каждым годом объемы производства сыра и творога возрастают, в силу этого, возрастают и объемы молочной сыворотки, являющейся биологически ценным сырьем. К сожалению, процент переработки сырья достаточно мал, большой объем сырья сливается со сточными водами в канализацию. В данной научной работе рассматривается вопрос использования молочной сыворотки в качестве питательной среды для микробного синтеза [1, 2].

В ходе научного эксперимента исследовалось влияние ультразвуковой обработки на процесс культивирования молочнокислых микроорганизмов на молочной сыворотке. Образцом служила восстановленная подсырная сыворотка. Закваской – чистые штаммы Lactobacillus Acidophilus. Закваска вносилась в активированной форме в количестве 3%, образец подвергался ультразвуковой обработке на лабораторном гомогенизаторе SONOPULS MINI20. Режимы ультразвуковой обработки были подобраны исходя из [3] - P= 5 Вт, (200 Вт/дм3) τ=180 сек. Результаты эксперимента представлены на (рис. 1).

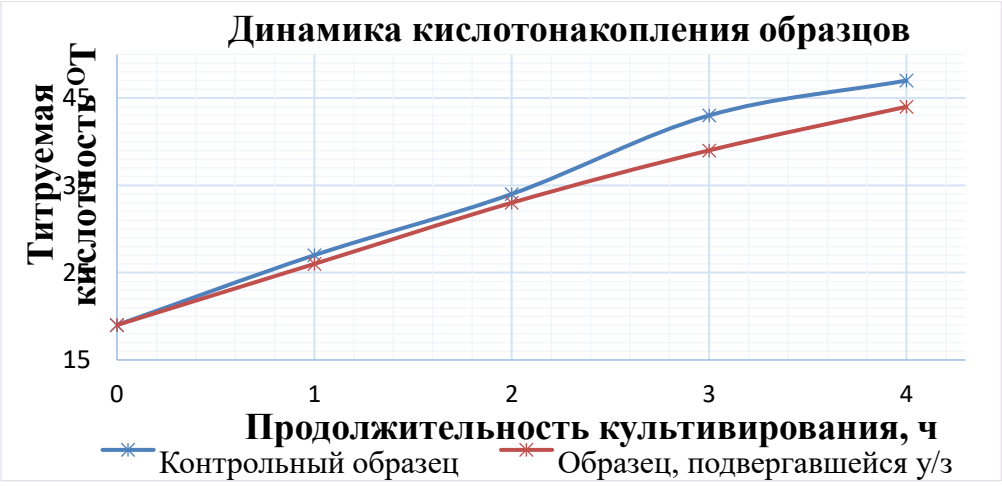


Рис. 1. Изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания

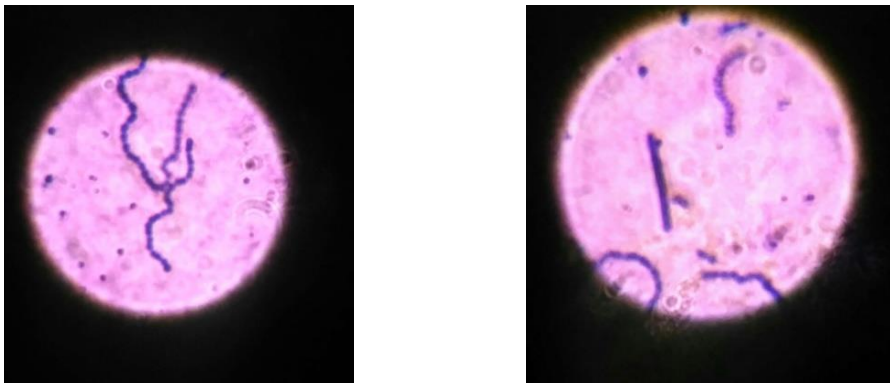
Согласно данным графика, видно, что образец, подвергавшийся ультразвуковой обработке имеет более низкие значения титруемой кислотности. Таким образом, ультразвуковая обработка образца с активированной закваской замедляет процесс кислотонакопления, в отличие от использования сухой лиофилизированной закваски [3].

В последующих экспериментах использовались 3 вида заквасок прямого внесения компании «Эвиталия». Закваски имели следующий состав: 1 – Лактоза, Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus, Bifidobacterium adolescentis МС-42; 2 – Лактоза, Streptococcus thermophilus МБ-1, Lactococcus lactis БА-1, Lactobacillus acidophilus БАТ3, Lactobacillus helveticus БАТ4, Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii БА-2; 3 – Лактоза, Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus.

Ферментируемые образцы готовились следующим образом: молочную сыворотку пастеризовали при температуре 74 ºС в течение 15-20 с, охлаждали до температуры заквашивания 36 ºС, вносили сухую закваску, смесь перемешивали и сквашивали до кислотности 60-65 ºС в течение (7±1) ч.

Номер ферментируемого образца соответствовал номеру вносимой закваски.

Готовили микроскопические препараты ферментируемых образцов. Проводили окрашивание по Граму. Результаты исследования представлены на (рис. 2).



а) б)

Рис. 2. Микроскопические препараты ферментируемого образца № 1

Микроскопический препарат образца № 1 имел длинные цепочки термофильных стрептококков. Цепочки образовывали «клубки». В полях имеются одиночные ацидофильные палочки и бифидобактерии.

Микроскопический препарат подтверждает, что молочная сыворотка является хорошей питательной средой для культивирования молочнокислых микроорганизмов.

Также в каждом ферментируемом образце определялось содержание витаминов группы В (витамина В2). Использовался флюориметрический метод с анализатором жидкости «Флюорат – 02». Результаты эксперимента представлены в табл.1.

Таблица 1

Содержание рибофлавина в ферментируемых образах

Образец	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Сухая сыворотка
Концентрация витамина B_2, мг/100 г	0,090±0,022	0,089±0,021	0,096±0,023	0,090±0,022	0,019±0,004

Контрольным образцом служила жидкая подсырная сыворотка с производства «Лосево».

Ферментируемый образец №2, имел наибольшие значения концентрации

витамина. Его значения превышало значение контрольного образца на 6,7%.

Концентрация витамина В2 в жидкой подсырной сыворотке на 78,9% больше, чем в сухой сыворотке.

Также в образце № 2 определялось содержание лактозы и высчитывался процент утилизации лактозы в процессе ферментации. Определение содержания лактозы проводилось на 5 сутки хранения (в течение срока годности).

Использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии и методика, описанная в СТБ ISO 22662-2011. Результаты эксперимента – в табл. 2.

Таблица 2

Содержание лактозы в различных образцах

Образец	Концентрация лактозы г/л
Молочная сыворотка	53,14
Молочная сыворотка с закваской	89,45
Ферментируемый образец	64,05

При внесении в жидкую молочную сыворотку сухой лиофилизированной закваски резко возрастала концентрация лактозы за счёт ее присутствия в составе закваски. В процессе ферментации (7±1) ч и выдерживания 5 суток концентрация лактозы упала до 64,05 г/л. Таким образом, процент утилизации лактозы составляет 28,4%.

Выводы: проанализирована возможность использования молочной сыворотки в качестве среды для микробного синтеза. На молочной сыворотке молочнокислые микроорганизмы хорошо развиваются, что подтверждает микроскопические препараты ферментируемых образцов и высокий процент утилизации лактозы на 5 сутки. Было исследовано изменение титруемой и активной кислотности образцов в течение 5 суток: титруемая кислотность образца № 2 увеличивается с 50 до 66°Т. Повышение титруемой кислотности в процессе хранения говорит о хорошей адаптации штаммов закваски в новой среде, продуцирования молочной кислоты и активном микробиологическом процессе [4].

Литература

1. Макарова Н.В., Зимичев А.В., Зипаев Д.В., Лугова Т.В. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки// Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2008. – №4.
2. Головачева О.В. обогащение продуктов питания микронутриентами. [Электронный ресурс]: https://cyberleninka.ru/
3. Шершенков Б.С. Разработка технологии ферментированных молочных продуктов с применением ультразвуковой интенсификации биотехнологических процессов / диссертация кандидата технических наук. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург, 2015.
4. Кылычбекова Н. К. Исследование процессов, происходящих во время хранения сывороточно-зернового напитка «Дан-Буурчак» // Молодой ученый. – 2016. – №21. – С. 163-166



Григорьев Игорь Станиславович
Год рождения: 1992
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных
электромеханических систем,
группа № Р4245
Направлние подготовки:13.04.02 – Электропривод
и электротехника
e-mail: grigoryev.igor.st@gmail.com

УДК 681.5.033.5

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

И.С. Григорьев
Научный руководитель – доцент В.А. Толмачев

Объектом исследования данной работы является следящий электропривод оси опорно-поворотного устройства (ОПУ) телескопа устройства вывода лазерного излучения, выполненного по схеме "альт-альт" [1]. Техническими требованиями к электроприводу осей телескопа предусмотрено ограничение на допустимые максимальные значения ошибок, скорости и ускорения ошибок в динамических режимах работы привода. Для предварительной оценки динамических ошибок на этапе проектирования требуется исследовать влияние на них возмущающих моментов нагрузки. В литературе данный вопрос не нашел освещения.

В системах регулирования скорости для анализа влияния возмущающих моментов нагрузки на ошибку используется понятие динамического отклонения скорости, для вычисления которого существуют аналитические выражения. В тоже время для систем регулирования угла такого понятия нет, а также отсутствуют аналитические выражения. В связи с этим, аналогично понятию динамического отклонения скорости в системах регулирования скорости предлагается ввести понятие динамического отклонения угла, как функции зависимости от времени величины отклонения угла, вызываемого скачком момента возмущения на оси, относительно заданной величины. Анализ влияния динамических возмущений на процессы слежения проводится далее с использованием введенного понятия.

Повышения быстродействия системы и уменьшения динамического отклонения угла можно добиться отказом от контура регулирования скорости. Такой подход рассмотрен в работе [2] с допущением, что механизм одномассовый или эквивалентный ему механизм с жесткими связями.

Задачами работы являются определение динамических ошибок, обусловленных возмущающими моментами, в следящем электроприводе с традиционной четырехконтурной структурой и двухконтурной структурой применительно к следящим электроприводам осей ОПУ.

Механизм исполнительной оси представлен двухмассовым механизмом со следующими параметрами:

- момент инерции первой массы $J_1 = 10$ кг·м^2;
- момент инерции второй массы $J_2 = 2095$ кг·м^2;
- коэффициент жесткости $c_{12} = 8{,}4 \cdot 10^7$ Н·м/рад.

Для полученного объекта с использованием алгоритма, представленного в работе [3], синтезированы четырехконтурная (рис. 1а) и двухконтурная (рис. 1б) структуры системы регулирования угла поворота. На (рис. 1) введены следующие обозначения: Uзад – сигнал задания; Kp3,Ti3 –пропорциональный коэффициент и постоянная времени ПИ-регулятора угла поворота; Kp2, Ti2 - пропорциональный коэффициент и постоянная времени регуляторов скорости внутреннего и внешнего контура, соответственно; Km, Kω, Kα – коэффициенты обратной связи контуров регулирования момента скорости и угла поворота, соответственно; Kpd, Td, Tv – пропорциональный коэффициент и постоянные времени ПД – регулятора углового контура.

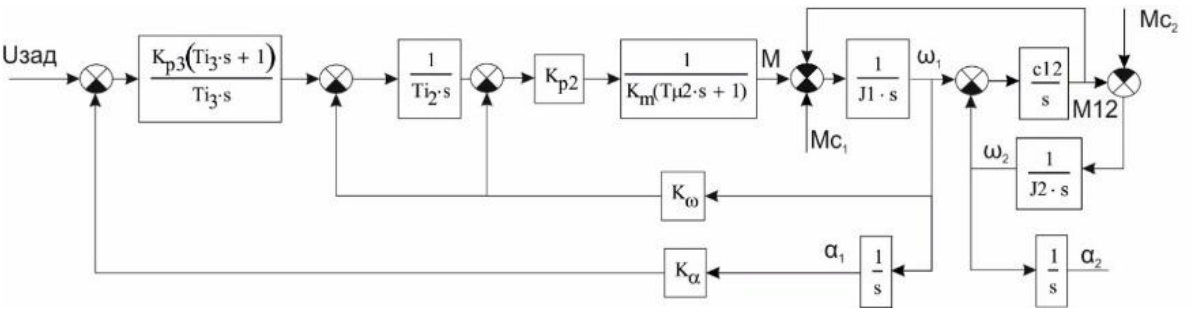


Рис. 1а. Четырёхконтурная система регулирования угла поворота

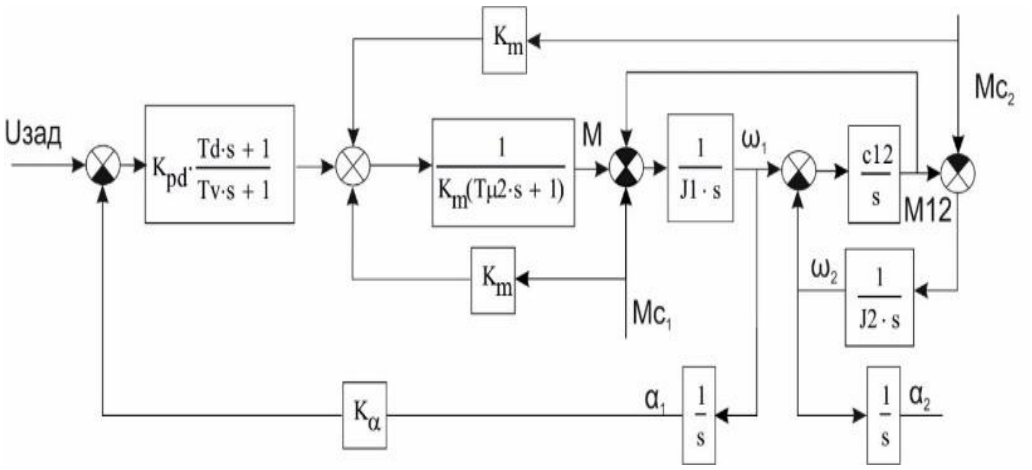


Рис. 1б. Двухконтурная система регулирования угла поворота

На (рис. 1) изображены исследуемые структуры систем регулирования угла поворота.

Для каждой из структур проводится анализ характеристик точности и быстродействия, полученных при использовании как одномассовой модели (без учета нежесткости), так и двухмассовой моделей.

Система управления без контура регулирования скорости (рис. 2) не обладает астатизмом по возмущению, при этом действие возмущающего момента компенсируется добавкой сигнала $Km \cdot Mc_1 + Km \cdot Mc_2$ на входе контура регулирования момента. При получении аналитического выражения для динамического отклонения угла компенсация момента нагрузки принимается идеальной, однако для её реализации в системе синтезируется наблюдатель согласно [4], входным сигналом которому служит момент двигателя.

В работе [5] по результатам анализа переходных характеристик (при скачкобразном изменении момента нагрузки) получены аналитические выражения динамического отклонения угла для систем управления эквивалентным одномассовым механизмом:

$$\Delta\alpha_{4k} = \frac{-3\Delta Mc}{J_\Sigma} \cdot T\mu 4^2 \cdot (-e^{\frac{-t}{T\mu 4}} + \frac{2}{3} e^{\frac{-0.878 \cdot t}{T\mu 4}} (1.45 \cdot cos\left(\frac{0.44 \cdot t}{T\mu 4}\right) + \\ +0.135 \cdot sin\left(\frac{0.44 \cdot t}{T\mu 4}\right)) + \frac{2}{3} e^{\frac{-0.878 \cdot t}{T\mu 4}} \left(0.05 \cdot cos\left(\frac{1.307 \cdot t}{T\mu 4}\right) - 0.731 \cdot sin\left(\frac{1.307 \cdot t}{T\mu 4}\right)\right) \quad (1)$$

$$\Delta\alpha_{2k} = \frac{-\Delta Mc}{2J_\Sigma} \cdot T\mu 3^2 \cdot (0.054 e^{\frac{-2.985 \cdot t}{T\mu 3}} + 5.27 e^{\frac{-0.6 \cdot t}{T\mu 3}} - \\ -2e^{\frac{-0.291 \cdot t}{T\mu 3}} \left(2.66 \cdot cos\left(\frac{0.454 \cdot t}{T\mu 3}\right) + 1.962 \cdot sin\left(\frac{0.454 \cdot t}{T\mu 3}\right)\right)) \quad (2)$$

Исходя из (1, 2) получены выражения для расчета максимальных отклонений угла от заданного значения в переходном процессе:

$$\Delta\alpha^{\frac{-0,42\Delta Mc^2}{J_\Sigma}\ \frac{-2,1\Delta Mc^2}{2J_\Sigma}}_{2k_max_{4k_max}} \quad (3)$$

где: $\Delta\alpha 2k_max_{4k_max}$– максимум динамического отклонения для четырехконтурной и двухконтурной структур, рад; J_Σ – эквивалентный суммарный момент инерции, кг·м^2; $T\mu 4, T\mu 3$ – некомпенсируемые постоянные времени углового контура для четырехконтурной и двухконтурной структур, с; ΔMc – величина скачка момента нагрузки, Н·м

При рассмотрении двухмассовой модели механизма система регулирования угла поворота с контуром скорости (рис.1) была реализована согласно методике [2]. Угловой контур в двухконтурной структуре настраивается на симметричный оптимум с учетом частоты среза ω_{0res} и полученной постоянной времени $T\mu f$ аналогично [3]. При этом быстродействие синтезированной двухконтурной системы повышается в 4 раза по отношению к системе с контуром скорости, поскольку на резонансную частоту настраивается непосредственно контур регулирования угла поворота. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению величины динамического отклонения угла.

Моделирование систем с двухмассовой моделью механизма (рис. 2) показало, что аналитические выражения динамического отклонения угла (1, 3), полученные для одномассовой модели механизма применимы и к двухмассовой модели при выборе четырехконтурной структуры системы и не применимы для двухконтурной структуры, которая показывает отличное от расчетного время переходного процесса и динамическое отклонение угла, в то время как выражение для четырехконтурной структуры корректно описывает движение двухмассового механизма.

В тоже время корректность полученных аналитических выражений (2, 3) для расчета динамических отклонений угла при реакциях на скачки моментов нагрузки для двухконтурных следящих электроприводов систем наведения телескопов с механизмом,

представляемым одномассовой моделью, а также значения максимальных отклонений, полученные по выражениям (3) также подтверждены результатами моделирования. Для учета инерционности наблюдателя достаточно скорректировать некомпенсируемую постоянную времени углового контура на величину постоянной времени наблюдателя.

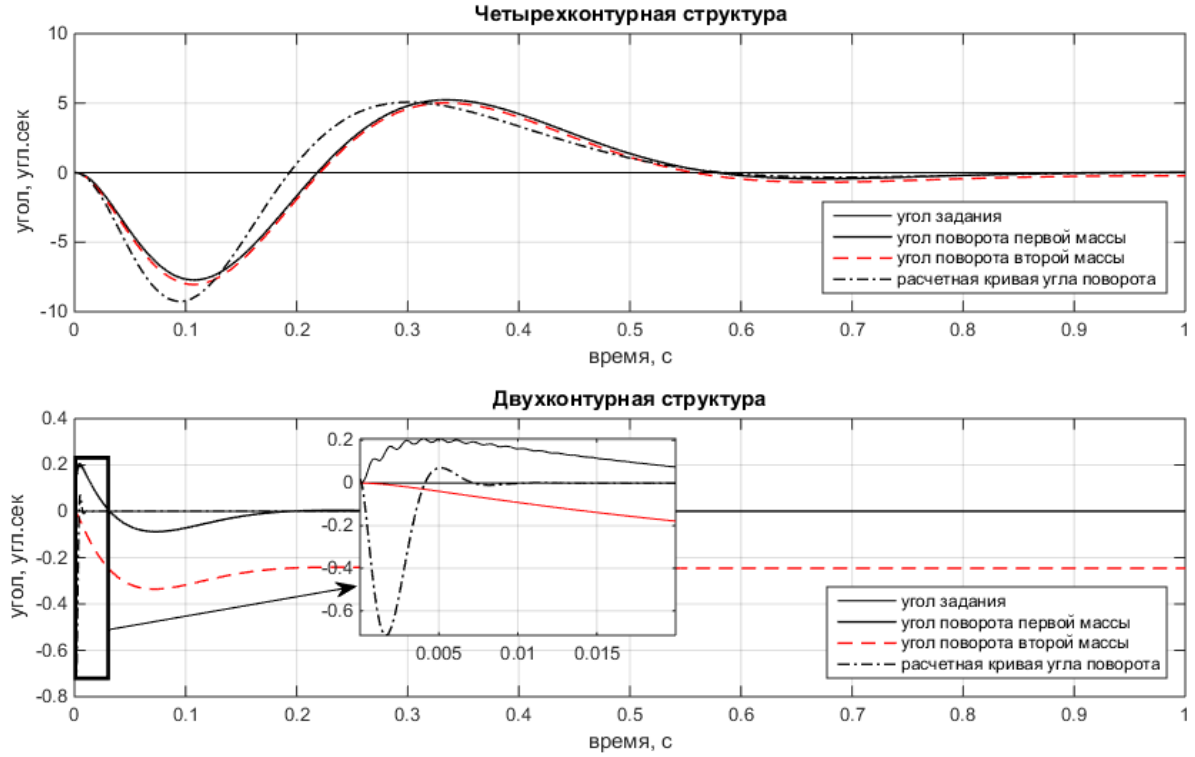


Рис. 2. Реакции систем с двухмассовой моделью механизма
на скачок возмущающего воздействия M_{c2}=100 Н*м

Полученные аналитические выражения динамического отклонения угла для обеих структур позволяют как провести математически точное сравнение двух структур по заданным показателям в случае нагрузки, представленной объектом с жесткими связями, так и оценить систему управления с выбранной структурой на соответствие заданным критериям на этапе ее проектирования.

Корректность полученных аналитических выражения для расчета динамических отклонений угла при реакциях на скачки моментов нагрузки для четырехконтурных и двухконтурных следящих электроприводов систем наведения телескопов подтверждена результатами моделирования. Аналитически показано и подтверждено результатами моделирования, что увеличение быстродействия за счет отказа от контура скорости уменьшает величину динамического отклонения угла, вызванного возмущающим моментом. Однако отказ от контура скорости ведет к необходимости построения наблюдателя момента нагрузки, который в случае двухмассового механизма очень зависим от точности идентификации параметров объекта [3], синтез которого не требуется в случае с четырехконтурной структурой. Направлением дальнейшего исследования является исследование влияния параметров наблюдателя на процессы слежения в двухконтурной структуре системы управления следящим электроприводом, а также получение аналитического выражения динамического отклонения угла для двухконтурной структуры системы управления с механизмом, представленным двухмассовой моделью.

Литература

1. Белянский П.В., Сергеев Б.Г. Управление наземными антеннами и радиотелескопами. – М.: Сов. Радио, 1980, –280 с.
2. Wodec Gawronski. Modeling and Control of Antennas and Telescopes. Springer US. 2008
3. Толмачев В.А. Синтез следящего электропривода оси опорно-поворотного устройства // Приборостроение. 2008. №3. С. 68-72.
4. Абдуллин А.А., Толмачев В.А. Система регулирования скорости двухмассового механизма с использованием наблюдателя // Приборостроение. 2011. №5. С.66-71
5. Григорьев И.С. Исследование и сравнительный анализ динамических характеристик двухконтурных и трехконтурных следящих электроприводов электроприводов систем наведения телескопов // Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ бакалавров в НИУ ИТМО 2016 - 2016. - С. 204 – 206



Добрынина Василиса Константиновна
Год рождения: 1995
Факультет пищевых биотехнологий,
кафедра промышленной экологии и БЖД
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail автора: vasilisa26.04@gmail.com

УДК 620-97

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И СОКОВ

В.К. Добрынина
Научный руководитель – к.э.н. А.С. Павлова

Работа выполнена в рамках защиты ВКР «Совершенствование методических подходов к повышению энергоэффективности предприятия по производству безалкогольных напитков и соков».

Актуальность проблемы управления и стратегического планирования в области энергоэффективности для компаний возрастает в связи с обострением тематики энергосбережения во всем мире и усилением влияния местных сообществ, которые призывают бизнес к ведению своей деятельности с учетом принципов устойчивого развития. Энергоэффективность и энергосбережение входят в число важнейших стратегических направлений приоритетного технологического развития стран, городов и предприятий. Объектом исследования являлись процессы формирования, функционирования и развития компании по производству безалкогольных напитков и соков с учетом фактора повышения ее энергоэффективности.

Методология и методы исследования: Анализ существующих методов и подходов управления энергоресурсами на предприятиях показывает низкий уровень стратегического планирования и управления. Для повышения энергоэффективности и реализации энергетической политики, а также для создания условий устойчивого развития компании в долгосрочной перспективе необходимо применение методов инновационного менеджмента.

С позиции исследователей в области стратегического менеджмента для эффективного инновационного прорыва в области энергосбережения необходим переход на качественно новый уровень управления, который включает в себя прогнозирование, планирование и реализацию стратегических целей и задач. В нашей работе применяется метод обратного прогнозирования, который позволяет разработать сценарий развития в обратном порядке: в начале исследования имеется видение будущего, а в процессе самого исследования выстраивается цепочка связанных во времени событий, реализация которых приведет к заданному в начале исследования видению будущего. Основной вопрос данной методики: «Что мы можем сделать сегодня, чтобы достичь желаемого результата?»

Частный случай метода обратного прогнозирования – инженерия перехода, междисциплинарный подход применения научных принципов в области проектирования, инноваций и адаптации инженерных систем. Задача инженерии перехода – проанализировав систему, выработать стратегию по повышению

устойчивости и адаптации систем в будущем. Основная цель подхода – разработать план по переходу на возобновляемые источники энергии. Метод инженерии перехода состоит из нескольких шагов: анализ прошедших периодов и текущей ситуации предприятия с точки зрения экономических и экологических показателей, прогнозирование будущих периодов и определение желаемого образа будущего предприятия, применение теории триггерных событий, и перехода предприятия на новую энергетическую стратегию (рис. 1) [1 – 2].

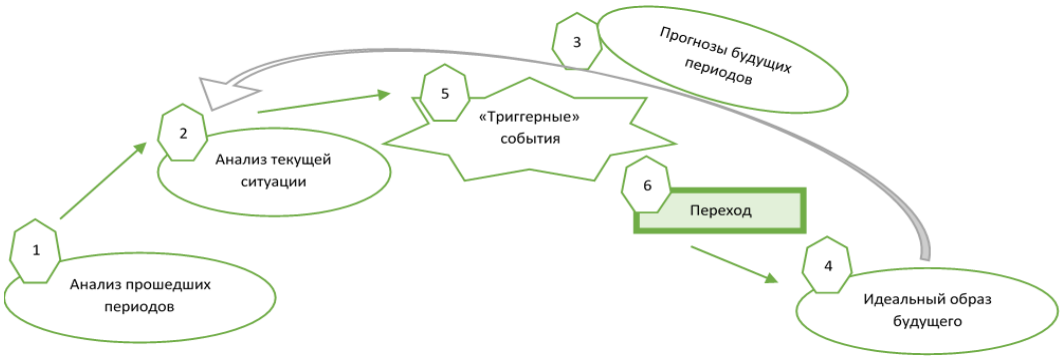


Рис. 1. Метод инженерии перехода

Триггер – (англ. trigger) «собачка, защёлка, спусковой крючок – в общем смысле, приводящий нечто в действие элемент».

Триггерное событие – событие, которое приводит к резким коренным изменениям в системе. Любая система по своей природе инертна и не склонна к изменениям. Но даже самая инертная система способна очень быстро меняться, когда внутри неё происходит кризис. Кризис системы является для неё триггерным событием. Суть триггерного события заключается в том, чтобы смоделировать событие, способное кардинально изменить систему и инициировать процесс перехода. Выявление триггерных событий описывается схемой триггер-последствия-корректирующие действия и именно корректирующие действия направляют дальнейший проект по изменению системы. Необходимо ответить на вопрос: «Что бы могло заставить нас в корне изменить энергетическую систему предприятия?». Триггеры выводят риски предприятия на уровень события и помогают ускорить процесс внедрения нововведений [3 – 4].

Триггерные события, таким образом, призваны продемонстрировать неустойчивость системы к возможным событиям в будущем. При применении тех или иных триггеров можно доказать необходимость мероприятий по энергосбережению в будущих периодах.

Метод инженерии перехода и триггерного прогнозирования был применен для разработки стратегии развития энергоэффективности для компании по производству безалкогольных напитков. Для удобства мы выделили 4 фазы применения метода инженерии перехода на предприятии: подготовительную, стратегические, тактическую и операционную. В ходе проведения работы в рамках подготовительной фазы был выполнен анализ законодательства и международных стандартов в области энергосбережения, анализ показателей предприятия, вспомогательных и производственных процессов, анализ динамики показателей энергосбережения и устойчивого развития. Стратегическая фаза включает в себя анализ заинтересованных в улучшениях сторон, анализ рисков предприятия. В результате полуколичественного анализа рисков для энергетической системы предприятия, были выявлены наиболее значимые: аварии на производстве, технологические поломки оборудования, сбои в работе непроизводственных служб, перебои в электроснабжении, увеличение стоимости энергоресурсов. Исходя из этого сделан вывод, что идеальное предприятие безопасно на

протяжении производственного цикла продукции; имеет сильную систему интегрированного менеджмента; независимо от поставщика энергии. Дальнейшим шагов является выбор сценария и стратегии развития. Задача бизнеса – направить предприятие на инновационный путь развития, который способствует к быстрому переходу и достижению желаемых результатов благодаря эффекту триггерных событий. Стратегическая фаза заканчивается разработкой стратегии предприятия. Тактическая фаза заключалась в проведении триггерного анализа. Для энергетической системы предприятия по производству безалкогольных напитков и соков были предложены триггеры, представленные на (рис. 2). Триггерные события были спрогнозированы с учетом прогноза долгосрочного социально-экономического развития России до 2030 года и обзора отраслевых рисков в области пищевой промышленности. Полученные результаты использовались для экономического и экологического обоснования мероприятий по энергосбережению и переходу на возобновляемые источники энергии в операционной фазе при принятии решений. Согласно эколого-экономическому обоснованию, мероприятия по установке ВИЭ имеют положительный экологический эффект при существующих ценах на электроэнергию и теплоэнергию, но имеют очень низкую экономическую эффективность [5 – 7].

Триггерное событие	Последствия для предприятия	Действие	
		Краткосрочное	Долгосрочное
Политические:			
Изменение позиции России как одного из ведущих поставщиков энергии в мире	Резкое подорожание энергоресурсов, увеличение издержек предприятия	Корректировка бюджета компании, корректировка цен продукта	Переход на альтернативный источник энергии
Изоляция России при разработке и прин ятии новых международных правил регулирования энергетической сферы	Прекращение импорта энергетических ресурсов, увеличение стоимости энергоресурсов внутри страны	Корректировка бюджета компании, корректировка цен продукта	Переход на альтернативный источник энергии
Экономические:			
Резкое подорожание энергоресурсов в связи с нестабильностью рынков энергоносителей	Увеличение издержек предприятия	Произведение закупки энергии по новым ценам, корректировка цен продукта	Переход на альтернативный источник энергии
Социальные:			
Энергетический социальный кризис (аналог Фукусимы для Германии) - приостановление добычи энергоресурсов определенного типа (уголь, атомная энергия)	Подорожание энергии	Произведение закупки по новым ценам, корректировка цен продукта	Частичный переход на альтернативный источник энергии
Экологические:			
Ограничение ресурсов	Приостановление поставок топлива на предприятие	Временное приостановление деятельности предприятия	Переход на альтернативный источник энергии
Инновационные:			
Появление нового источника энергии	Неэффективность использования традиционных источников энергии	Продолжение использования традиционной энергии	Переход на новый источник энергии

Рис. 2. Триггерный анализ предприятия

Индекс доходности проектов невысок по сравнению с другими мероприятиями по энергосбережению. Единственный вид возобновляемой энергии, который имеет приемлемые экономические показатели – солнечные коллекторы, которые показали

высокий индекс доходности наряду с относительно низкой стоимостью.

На данном этапе для принятия решения относительно альтернативных источников энергии, компания может применить метод триггерного анализа. Например, если будет применен триггер «подорожание электричества и энергоресурсов», становится очевидно, что альтернативные источники энергии могут стать намного более эффективными. При подорожании электроэнергии в 5 раз срок окупаемости солнечных батарей уменьшается в 5 раз и становится равным одному году; срок окупаемости теплового насоса – 1,1 года. В некоторых случаях изменение законодательства может быть стимулирующим триггером к установке ВИЭ: например, при введении законопроекта о стимулировании альтернативных источников энергии, их внедрение может стать полезным.

В результате применения метода переходной инженерии были разработаны методические рекомендации по управлению энергоэффективностью предприятия и перехода на альтернативные источники энергии, которые включают в себя три фазы: анализ операционной среды, определение стратегии и тактики предприятия, деятельность по энергосбережению и переходу на ВИЭ (рис. 3).



Рис. 3. Методические рекомендации по управлению энергоэффективностью предприятия

Выводы: автором был представлен метод переходной инженерии, дано авторское определение термина, уточнен процесс применения метода на предприятиях, были разработаны методические рекомендации по управлению энергоэффективностью предприятия и перехода на альтернативные источники энергии, проведен экономический анализ мероприятий по энергосбережению. Научная новизна исследования заключается в использовании инновационных методов обратного прогнозирования, переходной инженерии и триггерного анализа для разработки методических рекомендаций по энергосбережению предприятий. Предложенный автором процесс применения метода позволяет акцентировать внимание на важности кризисного «триггерного» мышления и востребованности альтернативной энергетики. Практическая значимость исследования заключается в подготовке методических рекомендаций по улучшению показателей энергоэффективности на предприятии по производству безалкогольных напитков и соков.

Литература

1. Bonoli, A. Engineering in transition [Текст]: дис. доктор инженерных наук: ING-IND/29 / Bonoli Alessandra. – Болонья, 2015. – 317 с.
2. Krumdieck, Susan; Page, S.; Dantas, A. Urban form and long-term fuel supply decline: A method to investigate the peak oil risks to essential activities. // Transportation Research Part A: Policy and Practice – 2013.
3. Кокшаров В.А. Совершенствование методического инструментария оценки энергоэффективности промышленного предприятия // Вестник Пермского университета. Экономика. – 2016. - № 3.30. -С. 168-181.
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К. Корпоративная социальная ответственность и устойчивое развитие: опыт ЕС, специфика Германии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5: Экономика. - 2013. - №2. - С. 30
5. Павлова, А.С. Управление развитием корпоративной социально-экологической ответственности российского предпринимательства [Текст]: дис. канд. эк. наук: 08.00.05 / Павлова Анастасия Сергеевна. – Санкт-Петербург, 2015. – 163 с.
6. Сергиенко О.И., Павлова А.С. Формирование корпоративной социально-экологической ответственности бизнеса на основе анализа заинтересованных сторон // Научный журнал НИУ ИТМО. Экономика и экологический менеджмент. – 2011. №1(8)
7. Устойчивое развитие компании Кока-Кола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.coca-colahellenic.com/ru/sustainability/, свободный доступ.



Дружинин Пётр Яковлевич
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра лазерных технологий и систем,
группа № В4215
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника
и лазерные технологии
e-mail: pioter.druzhinin@yandex.ru

УДК 535.012.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕКРИТИЧНОГО ПО ТЕМПЕРАТУРЕ СИНХРОНИЗМА В НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ

П.Я. Дружинин
Научный руководитель – к.ф.-м. н., в.и. С.В. Гагарский

Нелинейные кристаллы, с появлением лазеров в начале 60-х годов XX века, нашли широкое применение для создания высокоэффективных генераторов оптических гармоник и параметрических генераторов. Это способствовало расширения спектрального диапазона получаемого когерентного излучения в видимую и ультрафиолетовую области и открытию перспективного пути плавной перестройки частоты твердотельных лазеров, используемых в спектроскопии, дальнометрии, лидарных и биомедицинских системах. Традиционной задачей для параметрических процессов преобразования частоты является возможность обеспечения данного процесса в широком температурном диапазоне при сохранении достаточной эффективности.

Изменение температуры нелинейных кристаллов преобразования частоты проявляется в двух случаях – при изменении температуры окружающей среды и тепловом самовоздействие, из-за линейного и многофотонного поглощения в кристаллах для преобразования лазерного излучения с высокой средней мощностью. Всё это приводит к уменьшению эффективности преобразования. Величина температурной ширины $2\Delta T$ синхронизма для различных кристаллов лежит в диапазоне от десятых долей до нескольких десятков градусов. Конечная величина $2\Delta T$ кристаллов ставит задачу их термостабилизации. Инерционность изменения температуры в используемых конструкциях термостатов приводит к появлению нестабильности мощности выходного излучения и не позволяет достигать максимальных значений эффективности преобразования. Кроме того, эти системы не реагируют на координатную зависимость локальных изменений температуры в нелинейном кристалле.

Большие значения температурных ширин синхронизма в кристалле KTP были неоднократно получены разными авторами [1 – 2] на фиксированных длинах волн лазерного излучения. Полученные результаты интерпретировались как температурно-нечувствительный режим. Однако в этих работах не была определена возможность получения этого режима на других длинах волн для различных процессов параметрического преобразования частоты, таких как генерация суммарных и разностных частот (ГСЧ и ГРЧ), параметрического усиления и генерации (ОПУ и ОПГ). В работах [3 – 4] впервые было показано, что этот режим является некритичным по температуре (НКТС), и может быть получен в широком диапазоне длин волн для различных процессов преобразования частоты. В практических реализациях температурная ширина синхронизма может существенно превышать 100°C.

Экспериментальные исследования принципиально подтвердили возможность

практической реализации этого режима при генерации второй гармоники (ГВГ) на длине волны 1.064 мкм в кристалле KTP [4] и третьей гармоники (ГТГ) в кристалле LBO [5]. В кристалле KTP, длиной 7.7 мм, температурная ширина превышала 210 °C. В кристалле LBO, длиной 14.1 мм, температурная ширина превышала 73 °C. Было показано, что может быть получен некритичный по температуре синхронизм до 5-6-го порядка ($d^m\Delta k/dT^m = 0$, где Δk – расстройка волновых векторов, m – порядок синхронизма). В работе [3] была рассмотрена дисперсия направлений НКТС только для случая ГВГ. Исходя из вышеизложенного можно предположить, что режим НКТС может быть получен в широком диапазоне длин волн лазерного излучения для процессов параметрического преобразования частот.

Режим НКТС представляет практический интерес, так как позволяет снизить требования к температурной стабилизации при изменении температуры окружающей среды, и обеспечить высокую эффективность преобразования излучения с высокой средней мощностью. Это, в свою очередь, позволит отказаться от использования систем термостабилизации и уменьшить время выхода излучателя на рабочий режим.

Цель настоящей работы состоит в разработке методики определения направлений в нелинейно-оптических кристаллах, вдоль которых реализуется некритичный по температуре синхронизм (НКТС). Полученные результаты расчётов предполагается использовать для создания устройств параметрического преобразования частоты.

В работе впервые представлены результаты комплексного анализа возможности реализации некритичного по температуре синхронизма (НКТС) всех процессов нелинейно-оптического преобразования частоты в диапазоне прозрачности наиболее распространённых нелинейно-оптических кристаллов для всех типов взаимодействия.

Для сравнения различных кристаллов в качестве параметра, определяющего его нелинейные свойства, используется такой параметр как показатель качества FOM_2 (FOM – figure of optical merit), который рассчитывается по формуле (1):

$$\mathrm{FOM}_2 = \frac{d_{\mathrm{eff}}^2}{n^3} = \frac{d_{\mathrm{eff}}^2}{n_1 n_2 n_3} \qquad (1)$$

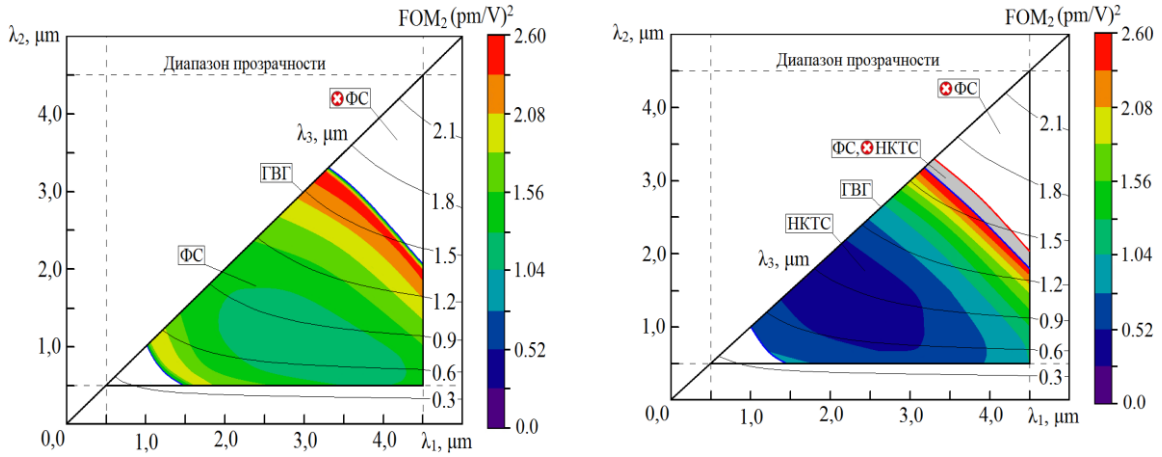
где d_{eff} – значение коэффициента эффективной нелинейности, n – показатель преломления среды.

Использование данного параметра обусловлено большей его объективностью при оценке эффективности преобразования частоты в нелинейно-оптических кристаллах, так как он включает в себя и коэффициент эффективной нелинейности d_{eff} (кристаллофизический параметр), и показатели преломления всех (трёх) взаимодействующих волн (кристаллооптический параметр).

Сравнительный анализ основан на определении значений параметра FOM_2 в направление реализации режима НКТС и сравнение полученных значений с максимально достижимыми значениями параметра FOM_2 для одного и того же типа фазового синхронизма и комбинации взаимодействующих длин волн. Результаты представлены в виде графиков, на которых отображены зависимости параметра FOM_2 от длин волн в полосе прозрачности кристалла для всех возможных типов взаимодействий. Двухосные кристаллы, для которых будет приведены результаты расчётов, можно разделить на две группы.

В первую группу входят кристаллы, в которых главные оси кристаллооптической системы координат совпадают с главными осями кристаллофизической системы координат и обе системы являются прямоугольными (то есть системами координат с взаимно перпендикулярными главными осями). К таким кристаллам относятся кристаллы, обладающие орторомбической сингонией, такие как KTP, RTA, KTA, RTP, CBO и LISe.

Во вторую группу будут входить кристаллы, у которых кристаллооптическая система координат является прямоугольной, а кристаллографическая – непрямоугольной (имеющей хотя бы один угол между главными осями не равный 90º). К таким кристаллам относятся кристаллы, обладающие триклинной или моноклинной сингонией: YCOB, BGSe и LCB. Особенность рассмотрения этой группы кристаллов состоит в том, что за счёт описанной выше особенности их строения, нет возможности сопоставить КО и КФ системы координат и отобразить распределение параметра FOM_2 в данных кристаллах. Следовательно, для кристаллов второй группы будут обозначены только области реализации НКТС и ФС без анализа функциональных возможностей вдоль рассматриваемых направлений.



а) *fsf* – Full-FOM_2 б) *fsf* – TNC-FOM_2

Рис. 1. Пример описания результата расчётов для второго типа взаимодействия (*fsf*) в кристалле KTP

Пример оформления графиков по результатам расчетов для кристаллов, относящихся к первой группе, представлен на (рис. 1). Пунктирными линиями определены границы диапазона прозрачности. Так как при расчётах реализовывался принцип, что $\lambda_1 \geq \lambda_2 > \lambda_3$, то распределения для всех типов синхронизма приведены ниже прямой $\lambda_1=\lambda_2$. В областях белого цвета на (рис. 1) 1 фазовый синхронизм отсутствует. Вся область существующих решений (область с цветовой палитрой) соответствует процессам генерации суммарных частот. Диаграмма ограничена сверху линией, соответствующей процессу генерации второй гармоники ($\lambda_1=\lambda_2$, $\lambda_3=\lambda_{1,2}/2$). Изолинии в поле диаграмм показывают длины волн генерируемого излучения λ_3 ($1/\lambda_3 = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$) при ГСЧ, либо длину волны накачки для случая ГРЧ и параметрической генерации света. Палитра цветов показывает распределение значений FOM_2 (шкала значений показана слева). На рисунке 1а представлено распределение максимальных значений, которые принимает параметр FOM_2 вдоль направлений фазового синхронизма (Full-FOM_2). На рисунке 1б представлено распределение значений параметра FOM_2 вдоль направлений реализации режима некритичного по температуре синхронизма (TNC-FOM_2). Серым цветом на рисунке 1б показаны области, в которых реализуется фазовый синхронизм, но ни в одном направлении вдоль кривой фазового синхронизма не выполняются условия НКТВ, следовательно, и НКТС.

Проведён комплексный анализ реализации некритичного по температуре синхронизма (НКТС) всех процессов параметрического преобразования частоты в диапазоне прозрачности наиболее распространённых нелинейно-оптических кристаллов для всех типов взаимодействия. Данный анализ показал, что:

1. Поиск направлений НКТС в одноосных кристаллах является не целесообразным в связи с особенностями их оптического устройства.

2. Области реализации режима НКТС для двухосных кристаллов, рассмотренных в работе, обладают довольно большим разнообразием. Так для кристаллов KTP, RTP, LCB, YCOB и LISe область реализации НКТС перекрывает практически всю область реализации фазового синхронизма и практически весь диапазоне прозрачности кристалла для определённого тип взаимодействия. Одновременно с этим, для кристаллов CBO, KTA, RTA и BGSe области реализации режима НКТС перекрывают довольно малую часть диапазона прозрачности, а для некоторых типов взаимодействия не находятся ни одного направления вдоль которого реализуется данный режим.
3. Также большим разнообразием отличается распределения параметра FOM_2, являющегося основным интегральным критерием оценки нелинейных кристаллов в данной работе, в спектральном диапазоне областей реализации режима НКТС. В некоторых кристаллах значения FOM_2 для НКТС среза не сильно отличаются от значений FOM_2 для "типичного" среза (для определённой комбинации длин волн и типа взаимодействия) и они даже могут совпадать. Однако для наиболее общего случая значения параметра FOM_2 для НКТС среза уступают значениям для "типичных" срезов кристалла во всей области вычисления. Разница между ними может составлять от нескольких процентов до нескольких порядков. Этот факт объясняется не только различием в симметрии кристаллов и выбором типа взаимодействия, но и зависимостью параметра FOM_2 от направления распространения взаимодействующих волн в кристалле.

В результате проведенного экспериментального сравнения преобразования излучения $YAG:Nd^{3+}$ лазера во вторую гармонику в кристаллах KTP с "типичным" срезом и вырезанного в направлении НКТС установлено, что при условие реализации линейного режима преобразования его эффективность для кристалла с "типичным" срезов примерно в два раз больше, чем для НКТС кристалла. Однако температурная ширина синхронизма для кристалла с НКТС срезом в десять раз больше, чем для кристалла "типичного" среза. К тому же, в режиме насыщения эффективность преобразования для НКТС кристалла, при определённой плотности энергии, становится даже больше эффективности преобразования в кристалле с "типичным" срезом. Рассчитанные эффективности преобразования хорошо согласуется с результатами, полученными для режима низкой мощности (линейный режим) в обоих исследуемых кристаллах.

Литература

1. Kato K. Temperature insensitive SHG at 0.5321μm in KTP// IEEE J. Quant. Electr, 1992. – No. 28. – P.1974-1976.
2. Гречин С.Г., Дмитриев В.Г., Дьяков В.А., Прялкин В.И. Аномально-некритичный по температуре фазовый синхронизм при преобразовании частоты в нелинейных кристаллах// Квантовая электроника. – 1998. – № 25(11). – С.963-964.
3. Grechin S.G., Dmitriev V.G., Dyakov V.A., Pryalkin V.I. Temperature noncritical processes for propagated in nonlinear crystals laser radiation// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2002. – Vol. 66, N.8. – P.1103-1107.
4. Гречин С.Г., Дмитриев В.Г., Дьяков В.А., Прялкин В.И Некритичный по температуре синхронизм при ГВГ в кристалле KTP// Квантовая электроника. – 1999. – № 26(1). – С.77-81.
5. Гречин С.Г., Дмитриев В.Г., Дьяков В.А., Прялкин В.И Некритичный по температуре генерация третьей гармоники в кристалле LBO// Квантовая электроника. – 2004. – № 34(6). – С.565-568.



Завьялова Виктория Витальевна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии
и безопасности жизнедеятельности,
группа № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»
e-mail: ilka94@rambler.ru

УДК: 504.056

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В.В. Завьялова
Научный руководитель – к.х.н., доцент О.В Петрова

Интенсивное развитие промышленных объектов в эстуарии со сниженным водообменом, каким является Невская губа после строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга, требует соответственного развития природоохранных мероприятий, как на уровне отдельных промышленных объектов, так и на уровне неразрывной экосистемы эстуария и мелководий. В отсутствие механизмов морского территориального планирования, которые планируются к внедрению в России после 2020 года, наиболее эффективным методом охраны экосистемы является создание системы региональных морских и прибрежных особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Однако этот метод сталкивается со многими трудностями, главной из которых является невозможность включения морских акваторий в состав региональных ООПТ из-за этого основные объекты охраны, характерные для МПООПТ, оказываются вне границ ООПТ, на прибрежных мелководьях. Воздействие промышленных объектов и хозяйственной деятельности на акватории не учитывает такие природные объекты как объекты ООПТ, объекты особой охраны. В результате возможна серьезная недооценка ущерба окружающей среде при планировании хозяйственной деятельности на море.

Данная проблема ярко проявляется в Невской Губе Финского залива. Наиболее ценной ООПТ Невской Губы является региональный заказник «Южное побережье Невской Губы», и, особенно, его кластер «Кронштадтская колония», который является местом массового гнездования водоплавающих и околоводных птиц и местом массовой миграционной стоянки перелетных птиц, с большим количеством как редких, так и промысловых охотничьих видов. Кластер окружен портовой деятельностью, напрямую граничит с портом «Бронка» и портом г. Ломоносов. Негативное воздействие недавно построенного порта «Бронка» привело к значительному снижению числа птиц. При этом планируется дальнейшее развитие этого порта за счет территории заказника, и, более того, соединение территорий данного порта и порта г. Ломоносов в единую промышленную зону [1]. При этом заказник, оказывается, окружен промышленными территориями, и может утратить свою природоохранную ценность.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния промышленных объектов на ценные биоресурсы экосистемы заказника «Южное побережье Невской губы».

Основными задачами работы являются:

1. Изучить реакцию плавней, примыкающих к кластеру «Кронштадтская колония» заказника «Южное побережье Невской губы», на случившиеся ранее крупные

антропогенные трансформации в Невской губе.

2. Исследовать основные антропогенные воздействия на компоненты экосистемы плавней (вода, почвы, растения) кластера «Кронштадтская колония» заказника «Южное побережье Невской губы»;
3. Оценить воздействие планируемого расширения порта «Бронка» на экосистему заказника «Южное побережье Невской губы»
4. Выполнить эколого-экономическую оценку возможных последствий реализации проекта расширения порта «Бронка» с учетом воздействия на ключевые компоненты экосистем.

В рамках исследования проведены работы по исследованию воздействия на воду Невской губы. Пробы были отобраны в трёх разных местах, координаты мест отбора проб показаны в таблице 5. Проба № 1 отбиралась вблизи порта Бронка, проба № 2 в центре плавней, проба № 3 - у порта Ломоносова.

Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов, нефтепрдуктов и поверхностно активных веществ в воде не выявлены. Тем не менее, отмечены значимые различия между пробами воды, взятыми у порта Бронка, внутри плавней и точке ближе к порту Ломоносова. Вода в районе порта Бронка отличается наибольшей мутностью, на соседних участках внутри плавней повышенной мутности не наблюдается. Отмечено значительно более низкое содержание нефтепродуктов, КПАВ, сульфат ионов, калия, магния, кальция нутрии на точках внутри контура плавней по сравнению с таковыми, расположенными у портов на границе плавней.

При исследовании антропогенного воздействия промышленных объектов в рамках настоящего исследования был проведен анализ донных почв на содержание в них тяжелых металлов (ТМ). Донные почвы были отобраны в двух точках: 1 – вблизи плавней на открытой акватории, 2 – внутри плавней. Так как донные отложения в данном районе мозаичны и представляют собой смесь донных отложений НГ, почв берега и островков, образцы донных отложений были проанализированы и как почвы, и как донные грунты.

При рассмотрении образцов как почв показано, что в общем нормативное значение исследованных тяжелых металлов значительно превышает установленные нормативные значения. В пробах имеются превышения ПДК более, чем в 5 раз по содержанию мышьяка, в 4 раза – цинка, в 5-10 раз – меди, в 8 раз – никеля, в 2 раза – кобальта и в 15 раз – хрома (рис. 1).

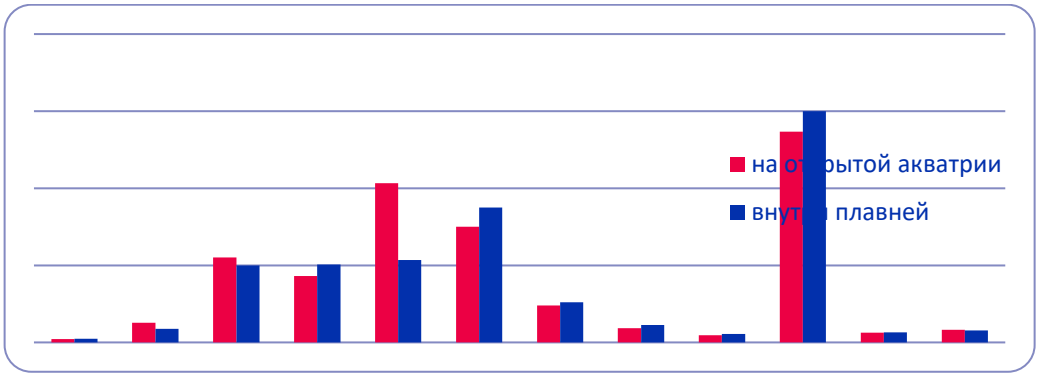


Рис. 1. Диаграмма превышение тяжелых металлов в грунте плавней

При рассмотрении образцов как донных отложений для оценки загрязненности был применен Региональный норматив Санкт-Петербурга («Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив», 1996). Сравнение с данным нормативом является единственным возможным способом оценить загрязненность донных отложений. Результаты сравнительного

анализа показали, что по содержанию тяжелых металлов исследованные грунты из разных зон сходны между собой и согласно региональному нормативу относятся к незагрязненным.

При исследовании антропогенного воздействия промышленных объектов был проведен анализ воздействия тяжелых металлов на растительность в кластере Кронштадтская колония заказника «Южное побережье Невской губы». В рамках данной работы исследованы такие растения как тростник обыкновенный, лабазник вязолистный, манник большой, рогоз широколистный, ежеголовник прямой, нитчатые водоросли (улотрикс опоясанный) и канареечник тростниковый [2]. При изучении образцов исследовались разные органы растений на предмет накопления и распределения в растениях тяжелых металлов. Выявлено, что наибольшее количество содержания тяжелых металлов в единице веса органа наблюдается в листьях ежеголовника прямого. Также у большинства, исследованных видов показано, что наибольшее накопление тяжелых металлов в биомассе отдельных органов приходится на листья (рис. 2).

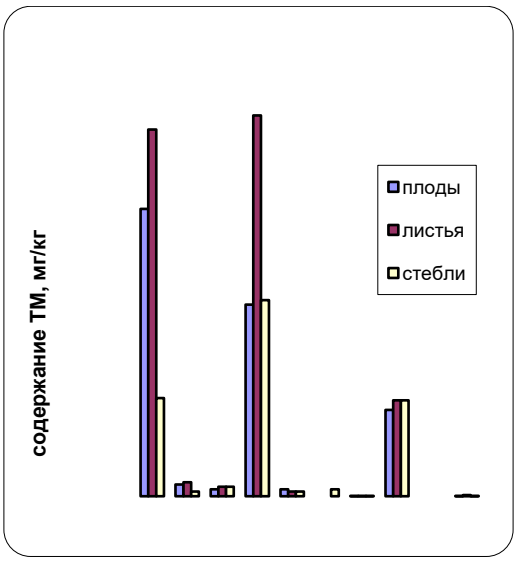


Рис. 2. накопление ТМ (мг/кг сухого веса) у лабазника вязолистного
В то же время, если рассматривать накопление ТМ в единице площади зарослей, то наибольшее накопление наблюдается в стеблях

В ходе работы было выявлено, что растения накапливают значительные количества ТМ, наибольшее количество ТМ на единицу сухого вещества отмечено в листьях гелофитов, наибольшее количество ТМ в единице площади зарослей наблюдается у стеблей, говоря о виде растения наибольшее накопление ТМ у ежеголовника. Однако накопление ТМ в биомассе имеет различные закономерности по гелофитам и гидрофитам.

Показаны барьерные и ассимилирующие функции зарослей гелофитов и гидрофитов в отношении защиты водной среды внутри плавней. В целом заросли в значительной степени обеспечивают защиту воды внутри плавней. Однако выявлено выраженное цементирование краев плавней глинными частицами от дноуглубительных работ Невской губы (источник не известен) (слой более 5 см).

Показано, что исследование растительности, часто применяемые в производственном экологическом контроле и мониторинге, корректно отражает накопление ТМ в растительном компоненте экосистем только в случае использования показателей отнесенных к биомассе сообществ и учитывающих разницу накопление ТМ в разных органах. Информация по содержанию ТМ в листьях, обычно использующаяся в мониторинге, не отражает загрязнение в растительности в целом.

В настоящее время избыточного содержания вредных веществ в воде и грунтах не отмечается, однако следует учитывать, что критерии оценки накопления тяжелых металлов в донных грунтах в российском законодательстве практически не разработаны. В связи с этим оценка допустимости загрязненности донных грунтов затруднена. Воздействие различных концентраций ТМ на динамику растительности требует дополнительных исследований. В тоже время известно токсическое воздействие тяжелых металлов на организмы животных. Накопление токсичных металлов, таких как мышьяк, может привести к отравлению ценнейших биоресурсов кластера Кронштадтская колония заказника «Южное побережье Невской губы».

Таким образом, в проведенном исследовании показано и подтверждено результатами химического анализа, что растительность плавней играет важнейшую роль естественного защитного барьера и сохраняет более высокое качество воды внутри территории плавней, чем в Невской губе, что обеспечивает сущесвование и размножение птиц и достаточность их кормовой базы. Утрата части плавней, возможная при реализации проектов расширения портов, нанесет неизбежный значительный вред гнездящимся и мигрирующим птицам.

Оценивая ожидаемое негативное воздействие от расширения порта Бронка, можно предположить, что ущерб заказнику не восполним – восстановление миграционных стоянок и гнездовий птиц после их разрушения маловероятно [3].

В денежном коэффициенте ущерб будет составлять около 630 тыс рублей [4]. В большей мере это принесет ущерб мигрирующим охотничьим видам птиц.

Влияние, зарегистрированные внутри плавней негативные изменения (цементирование глиной, накопление ТМ), указывают на недостаточную эффективность защиты внутренней среды плавней и необходимость мероприятий по сохранению краевых частей плавней.

Однако также можно предположить, что внесение значительного уменьшает глубину, что позволяет разрастаться зарослям, то есть стимулирует процессы самовосстановления экосистем.

Литература

1. Шуклецов А.Э. Бронка: новый грузовой район Большого порта Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. URL: http://l-port.ru/files/prezentaciya__mmpk_bronka.pdf (дата обращения 20.03.2018).
2. Оценка накопления тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью некоторых озер города Гомеля [Электронный ресурс] URL: http://studbooks.net/1882062/ekologiya/obzor_literatury#680
3. Беловранин А. Воздействие на Невскую губу 2006-2007 годов может оказаться необратимым [Электронный ресурс] // Новая газета, 20.05.2010. URL: http://ppt.ru/news/80434 URL: http://www.rusnauka.com/NPM_2006/Ecologia/6_sharamok.rtf.htm
4. Завьялова В.В. Оценка эффективности природоохранных мероприятий промышленных объектов на ООПТ [Электронный ресурс]. URL: https://isu.ifmo.ru/pls/apex/f?p=2143:3:110371837354382::NO:RP:PID:172582



Зайцева Мария Юрьевна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов
из растительного сырья,
группа № Т4217
Направление подготовки: 19.04.02. – Биотехнология
алкогольных, слабоалкогольных и безалкогольных напитков
e-mail: jinkoly@gmail.com

УДК 663

ВЛИЯНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЕ СРЕДЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СОЛОДОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

М.Ю. Зайцева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.В. Баракова

Работа выполнена в рамках темы НИР №617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Эфиры являются основными компонентами при формировании букета напитка [1].

В силу того, что процесс образования эфиров при производстве солодовых дистиллятов на стадии сбраживания малоизучен, актуальным является установление факторов, влияющим на образование столь важных компонентов и определение также механизмов, способных регулировать этот процесс.

В силу того, что эфиры образуются в результате взаимодействия органических кислот и спиртов – продуктов жизнедеятельности дрожжей, закономерным является исследование факторов, влияющих на метаболизм дрожжевой клетки [2]. Такими факторами являются: азотистое питание и содержание сухих веществ питательной среды [3].

Цель данной работы: выявление параметров воздействия на образование сложных эфиров для возможности управления данным процессом

Задачи работы:

- Исследовать влияние экстрактивности сусла на накопление сложных эфиров;
- Исследование влияния дополнительного азотистого питания на образование сложных эфиров;
- Исследование процесс накопления сложных эфиров во время брожения;
- Исследовать влияние времени внесения дополнительного азотистого питания на накопление сложных эфиров.

Во время исследования производилось затирание светлого солода классическим способом с выдержкой температурных пауз, далее сусло охлаждалось и отделялось от дробины. Сбраживание проводили сухими дрожжами, которые перед внесением предварительно регидрировали при температуре 36°С. В зависимости от задачи исследования вносилась комплексная азотистая добавка, содержащая запатентованную смесь органического и неорганического азота и основных витаминов и минералов. Брожение длилось в течение 72 часов при температуре 30°С. Далее проводилась перегонка полученной браги на роторном испарителе.

На первом этапе исследования проводилась оценка влияния плотности сусла и дополнительного азотистого питания на накопление сложных эфиров. Для изготовления сусла разных плотностей использовались два гидромодуля 1:3 и 1:4. Для каждого сусла было представлено по два образца, в каждый из которых вносилась или нет комплексная азотистая добавки. В образцах во время сбраживания измерялось содержание сложных эфиров. Результаты представлены на (рис. 1).

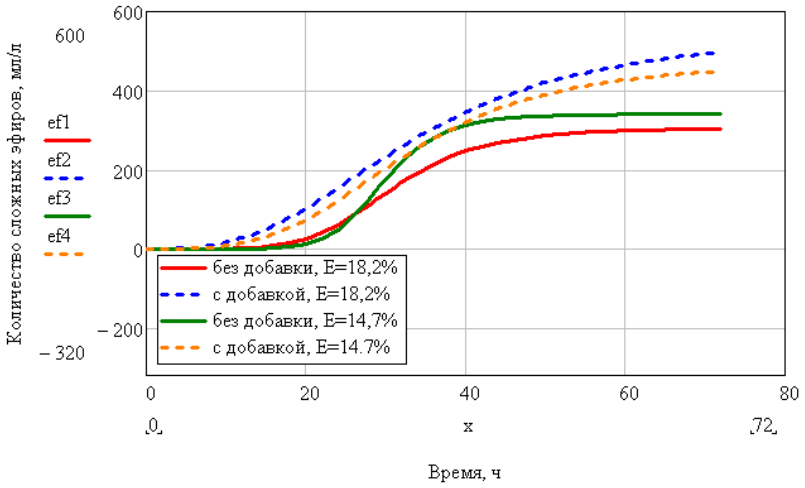


Рис. 1. Динамика накопления сложных эфиров

В результате было установлено, что использование сусла с повышенным содержанием сухих веществ без дополнительного азотистого питания неэффективно.

Оценку физиологического состояния дрожжей проводили методом информационной энтропии [4]. На основании данных морфометрического анализа дрожжей были получены значения информационных характеристик: H-информационную энтропию, которая характеризует упорядочность биологической системы, Hmax–информационную емкость, характеризующая максимальное структурное разнообразие системы и R–коэффициент избыточности, который характеризует меру надежности биологической системы, то есть её способность противостоять внешним и внутренним воздействиям (табл. 1).

Таблица 1

Биоинформационные характеристики клеток дрожжей

Субстрат	Значение информационной энтропии H	Значение информацион-ноймкости H_{max}	Значениекоэффициента избыточности R ,%
Сброженное солодовое сусло без применения комплексной подкормки (K)	0,019	0,5	96,9
Сброженное солодовое сусло с применением комплексной подкормки DistilaViteGN (GN)	0,013	0,5	97,6

Для исследованных клеток дрожжей, культивируемых на сусле с применением добавки, выявлены низкие значения информационной энтропии H (0,013) Полученные данные характеризуют упорядоченность и более высокую степень относительной организации в клетках по сравнению с клетками дрожжей, культивируемых без

применения подкормки, где энтропия принимала большее числовое значение.

Для полного изучения процесса накопления сложных эфиров во время брожения необходимо было установить временные промежутки наибольшего и наименьшего прироста данных соединений.

Для установления функциональных зависимостейпроцессов от времени применялась программа CurveExpert. В результате математической обработки были установлены функции, описывающие накопление сложных эфиров и потребление аминного в изучаемых образцах.

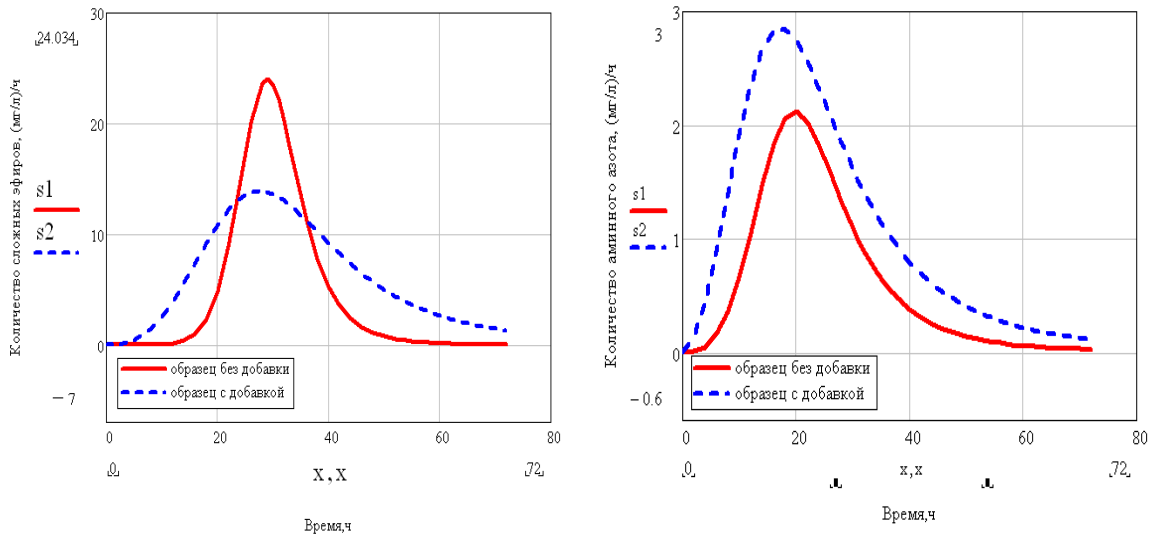
Функция, описывающая данные процессы, имеет вид кривой доза-эффект и описывается уравнением Хилла (1). Для определения зависимостей скоростей процессов во время брожения было взята производная от полученных функций (2).

$$din = \frac{ax^b}{c^b + x^b}, \tag{1}$$

где a – максимальное максимальное число сложных эфиров, которое накапливается при брожении в данных условиях;b – коэффициент Хилла, характеризует наклон кривой ($b>1$ положительный эффект процесса, $b<1$ отрицательный эффект, $b=1$ эффект отсутствует; c – время, за которое накапливается половина от максимально возможного количества сложных эфиров.

$$scor = \frac{abc^b x^{b-1}}{(c^b + x^b)^2} \tag{2}$$

Графики скоростей процессов представлены на рис. 2.



а) б)

Рис. 2. График скорости образования сложных эфиров (а); график потребления аминного азота (б)

Из графиков скоростей видно, что количество образовавшихся сложных эфиров прямо пропорционально потреблению аминного азота. В образцах с добавкой потребление азота и синтез эфиров начинается раньше – через 4-6 час от начала брожения – относительно образцов без добавки – через 12-13 час от начала брожения. Максимальная скорость потребления азота это приходится на 20-тый час брожения, а

накопления эфиров на 28-ой час брожения. Полное затухание процессов образования сложных эфиров и потребления азота происходит после 40-го часа. Можно сделать вывод, что для максимального накопления сложных эфиров необходимо обеспечить как можно большее потребление аминного азота в первые двое суток процесса.

Для стимуляции брожения было решено внести комплексную добавку не на начало брожения, а на 40-ой час. График скорости представлен на (рис. 3).

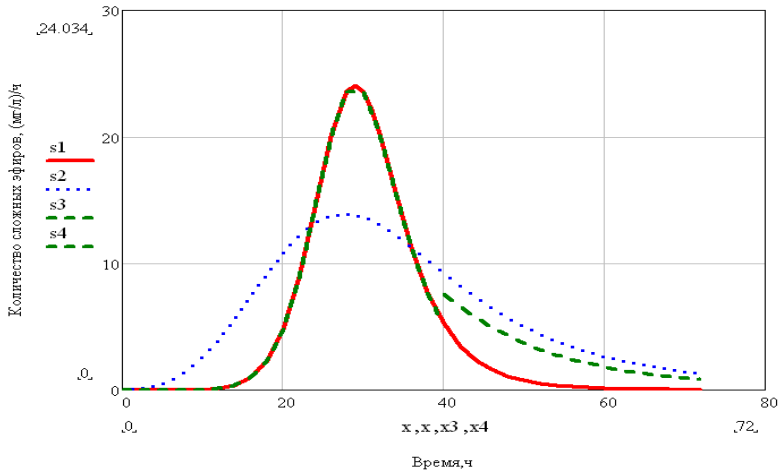


Рис. 3. Скорость накопления сложных эфиров, где s1- образец без добавки,
s2- образец с добавкой, внесенной на начало брожения,
s3 и s4 – зависимости образца с внесением добавки на 40-ой час

В полученном образце после 40-го часа возрастают скорости потребления азота и накопления сложных эфиров.

Общее количество сложных эфиров представлено в табл. 2.

Таблица 2

Общее количество сложных эфиров в браге

Показатель	Образец	Время		
		24 ч	48 ч	72 ч
Содержание эфиров, мг/л	Образец без добавки	48,3	334,6	340,9
	Образец с добавкой, внесенной на начало брожения	121,2	378,8	448,9
	Образец с добавкой, внесенной на 40-ой час	48,3	322,0	348,0

Дополнительное внесение азотистого питания на 40-ой час брожения позволило увеличить на 18,5% количество образовавшихся сложных эфиров, но максимальное количество сложных эфиров достигалось в том случае, когда азотистое питание вносилось в самом начале брожения, где общее количество эфиров увеличилось на 31,7%.

Заключение

Образование сложных эфиров можно регулировать применением дополнительного азотистого питания, временем его внесения и плотностью сусла. Максимальное количество сложных эфиров накапливалось при использовании сусла повышенной плотности с применением дополнительного азотистого питания.

Литература

1. Wisniewski I., Thoughts on Texture / I. Wisniewski // Whisky Magazine. – 2011. – № 96 – P. 34
2. He, Y. Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer/ Y He, J. Dong, H. Yin, Y. Zhao, R. Chen, X. Wan, P. Chen, X. Hou, J. Liu, L. Chen//J. Inst. Brew. – 2014. - №120 – pp. 157-163
3. Zaytseva M.Y.,The effect of complex supplements on 100 % barley malt wort fermentation process / M.Y.Zaytseva, N.V.Barakova, V.A. Romanov, N.T. Zhilinskaya //Вестник Международной академии холода, IET - 2017, No. 1(62), pp. 3-6
4. Зайцева М.Ю., Баракова Н.В., Жилинская Н.Т. Комплексная оценка влияния питательных добавок на физиологическое состояния дрожжевых клеток штамма Sacharomycescerevisiaeпри сбраживании солодового сусла // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. - 2016. - С. 16-18



Зикруллаев Джахонгир Фуркатович
Год рождения: 1994 г.
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
группа № Т4237
Направление подготовки: 15.04.02 – Технологические машины и оборудование
e-mail: Jaha_94legenda@mail.ru

УДК 664.8.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВЕЖЕВЫЖАТЫХ СОКОВ

Д.Ф. Зикруллаев
Научный руководитель – к.т.н. В.А. Демченко

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В середине XIX века французский микробиолог и химик Луи Пастер открыл технологию обеззараживания жидких продуктов, впоследствии названную его именем – пастеризацией. Метод пастеризации заключался в том, что жидкость нагревали до 85°С в ней погибали вредоносные бактерии, а полезные свойства сохранялись. В дальнейшем по мере развития науки и технического прогресса стали использовать метод стерилизации, что подразумевало нагрев продукта до температур выше 100°С. При таких условиях погибали не только вредоносные бактерии, но и их споры, вирионы, грибы, а так же прионный белок.

История развития и становления современного сокового рынка Российской Федерации подразделяется на несколько этапов.

Первый этап (с 1989 по 1994 гг.) характеризуется пуском нескольких заводов по первичной переработке фруктового сырья и вторичной переработке полуфабрикатов (розлив восстановленных соков в упаковку из полимерных материалов), а также первыми инвестициями в развитии предприятий по выпуску (упаковке) восстановленных соков на базе предприятий по производству молочных продуктов.

Второй этап (с 1994 по 1998 гг.) связан с увеличением инвестиций и расширение мощностей по разливу восстановленных соков на базе молочных заводов, появлением первых предприятий по разливу соков и нектаров на отдельных линиях, независимых от молочного производства, а также появлением зарубежных упаковщиков;

Третий этап (с 1998 по 2000 гг.) характеризуется с одной стороны изменением состава упаковщиков соковой продукции в связи с уходом с рынка зарубежных участников (кризис 1998г.), с другой стороны определенной глобализацией и усилением позиций центральных поставщиков соков в РФ.

Четвертый этап (с 2000 г. по настоящее время) характеризуется возникновение предприятий новой формации, деятельность которых предусматривает не только разлив традиционных восстановленных соков, но и производство и розлив соков прямого отжима и напитков на их основе, например, нектаров [5].

Согласно результатам маркетингового исследования, проведенного Экспертами Института Аграрного маркетинга на тему "Рынок соков, ориентация потребителей», в среднем по России 68,8% населения употребляют соки.

Апельсиновый сок – один из употребляемых миром напитков. Исторической

родиной оранжевого фрукта считается Китай, поэтому иногда его именуют «китайским яблоком». В одном стакане апельсинового сока содержится суточная потребность аскорбиновой кислоты для организма человека. Апельсиновый сок содержит большое количество витамина С, незаменимого в холодное время года для профилактики и лечения простудных заболеваний и авитаминоза. Однако витаминный ряд, содержащийся в этом соке намного шире. В соке апельсина содержится также витамин А, Е, К, витамины группы В. Также в состав входят незаменимые аминокислоты, органические кислоты, микроэлементы (калий, кальций, медь, магний, железо, цинк, фосфор, бор, фтор, сера, марганец, кобальт, хлор, йод), пектиновые вещества. Для усваивания сока организму требуется всего 10-15 минут.

Исходя из всего вышесказанного, целью исследования было выбрано улучшение качественных показателей и продление срока годности апельсинового сока за счет ультразвукового воздействия [2].

Из всех известных способов стерилизации (химический, механический, радиоактивный, комбинированной, тепловой) наиболее часто применяют тепловой, так как он считается самым надежным. Так же его активно используют в пищевой промышленности. [3]

Ультразвуковая стерилизация так же может использоваться при производстве безалкогольных напитков. Такой способ в большей мере относят к механической стерилизации. При распространении ультразвуковых колебаний, в жидкости происходит процесс ультразвуковой кавитации. Для запуска разрушения клеток достаточно 0,5-0,8 Вт/см^2 интенсивности ультразвука.

В настоящее время достаточно активно изучается ультразвуковая обработка пищевых сред. Ультразвук представляет собой механические колебания с частотами выше 20 кГц, что находится за пределами частот, воспринимаемых человеческим ухом. Ультразвук может вызвать распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов, разрушать микроорганизмы.

Воздействие ультразвука на микроорганизмы связывают с явлением кавитации. Кавитация – процесс образования в жидкой среде полостей, заполненных парами самой жидкости, которые мгновенно резко захлопываются. Возникающие при этом импульсы давления способны разрушать многие биообъекты, в том числе и микроорганизмы. Наиболее губителен для микроорганизмов ультразвук с частотой от 20 кГц до 100 кГц при интенсивности 0,5…1,0 Вт/см^2. При этом эффективность обработки зависит от продолжительности воздействия, химического состава среды, ее вязкости, температуры, pH и исходной степени обсемененности.

Имеются сведения о возможности снижения при ультразвуковом воздействии первоначального количества микроорганизмов на 90…99 %. Некоторые исследователи предлагают одновременное использование тепловой и ультразвуковой обработки, что позволяет повысить эффективность процесса при меньших энергозатратах. [1]

Определение органолептических свойств восстановленного сока проводится по ГОСТ 8756.1-79 «Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой доли составных частей». [4]

Органолептические показатели определяют в следующей последовательности: внешний вид, цвет, запах, консистенция и вкус.

Внешний вид определяют визуально на соответствие требованиям нормативно-технической документации на готовую продукцию.

После суток хранения в обработанном ультразвуком соке не образовывался осадок, сок имел привлекательный вид. Из таблицы 7 видно, что при обработке ультразвуком мощностью 45 Вт и в контроле появился осадок и цвет сока был темным. При обработке мощностью 60 Вт, внешний вид сока заметно сохранился – был ярким и светлым, без образования осадка, а при мощности 75 Вт видны наилучшие результаты.

Такие показатели свежевыжатого сока невозможно получить без использования химических пищевых добавок.

Номограмма органолептических показателей образцов сока, обработанных с различной интенсивностью ультразвукового излучения, представлена на (рис. 1)

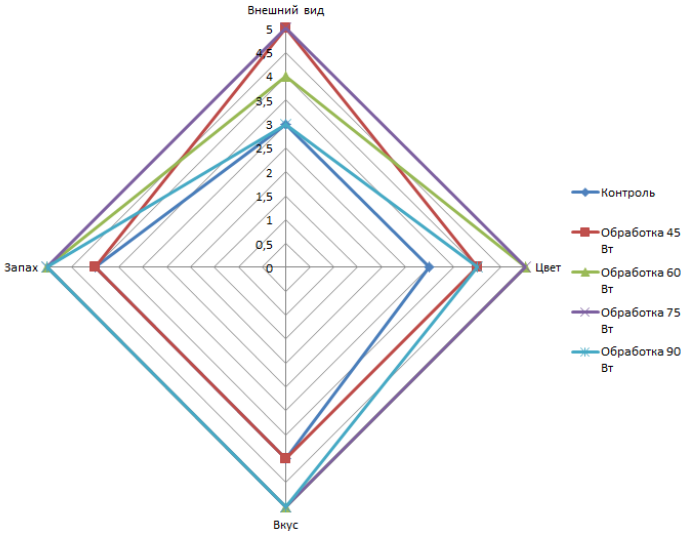


Рис. 1. Номограмма органолептических показателей образцов сока обработанных с разной интенсивностью ультразвукового излучения

Результаты проведения микробиологического анализа контроля и обработанного ультразвуком различной интенсивности апельсинового сока показаны на рис. 2.

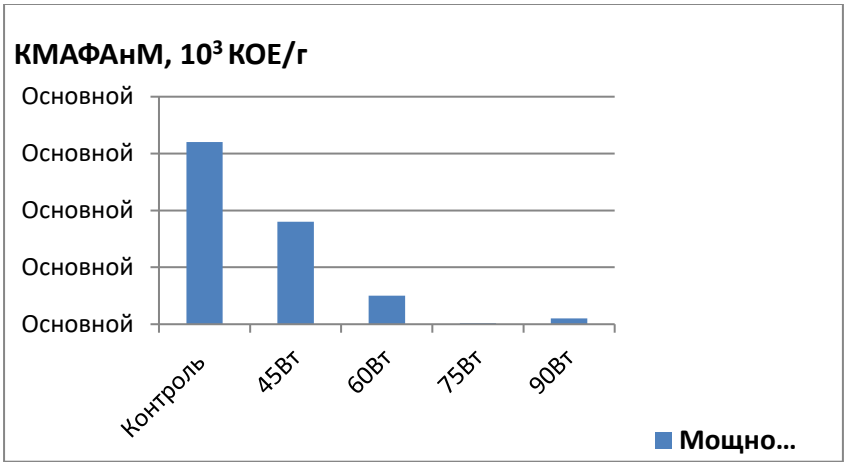


Рис. 2. Изменение КМАФАнМ в соке от мощности излучения ультразвука спустя сутки хранения экспериментальных образцов

Норма количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в свежевыжатом соке, разрешенном к употреблению $1 \cdot 10^3$.

В контроле превышено содержание микроорганизмов, наилучшим себя показал образец сока, обработанный при интенсивности УЗ 75Вт.

Проведенное исследование по изучению влияния ультразвуковой обработки на показатели качества свежевыжатого апельсинового сока показало, что данный вид тепловой стерилизации позволяет улучшить физико-химические и микробиологические показатели готового продукта, существенно сократив потерю полезных веществ и витаминов. Была подобрана технология изготовления сока и определены рабочие

параметры интенсивности работы ультразвуковой установки. Рекомендуемая интенсивность обработки 75 Вт в течение 3 минут, до достижения температуры в продукте 60°С. Исходя из полученных данных эксперимента, срок годности свежевыжатого апельсинового сока был увеличен в 2 раза

Литература

1. Герасимов Д. В., Сучкова Е. П. Теоретические основы применения ультразвука для обработки пищевых систем с целью регулирования содержания биологически активных компонентов. – Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – № 3, 2014. – С. 53-60.
2. Капустин С.В., Красуля О.Н. Применение ультразвуковой кавитации в пищевой промышленности. / Интерактивная наука, №. 2, 2016. – С. 101-103.
3. Корячкина С.Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств растительного сырья: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 297 с.
4. Тюрина С.Б. Разработка технологии комбинированной стерилизации жидких и пюреобразных пищевых продуктов с использованием тепловой и ультразвуковой энергии: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / С. Б. Тюрина. – Москва, 2002. – 24 с.
5. Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.



Зорин Павел Викторович
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники,
группа № W 4262.
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика,
теплофизические процессы и технологии.
e-mail: paulvzorin@gmail.com

УДК 001.

СТРУКТУРА И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТАКТНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЕНОПЛАСТОВ

П.В. Зорин
Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н., доцент Ю.П. Заричняк

Работа выполнена в рамках темы НИР № 111111 «Структура и теплофизические свойства синтактных органических пенопластов»

Исследование теплофизических свойств синтактных композиционных материалов является крайне актуальной задачей. Пеноматериалы обхватывают различные области и приминяются в качестве фильтрующих элементов, в качестве бронезащиты, звукопоглощающих панелях, элементах акустических систем, в аэродинамических трубах, в теплообменниках,в теплоотводящих элементов и в других устройствах и процессах. В данной статье рассматриваются структура синтактных пенокомпозитов, методы ее моделирования и прогнозирования теплофизических свойств. В ходе исследования, помимо теплофизических свойств органических пенопластов были рассмотрены свойства гораздо более актуальных и менее изученных материалов: пенометаллы и пенокерамика.

На (рис. 1) и (рис. 2) представлены структуры открыто – пористого пенополиуретана и закрыто – пористого пеноалюминия соответственно.

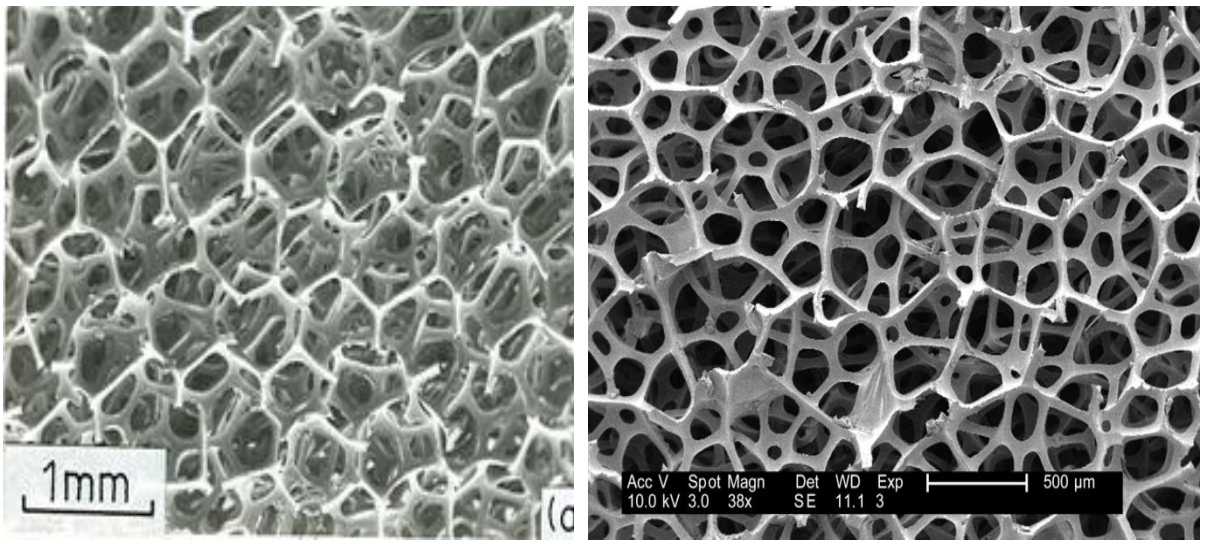


Рис. 1. Открыто – пористая структура пенополиуретана

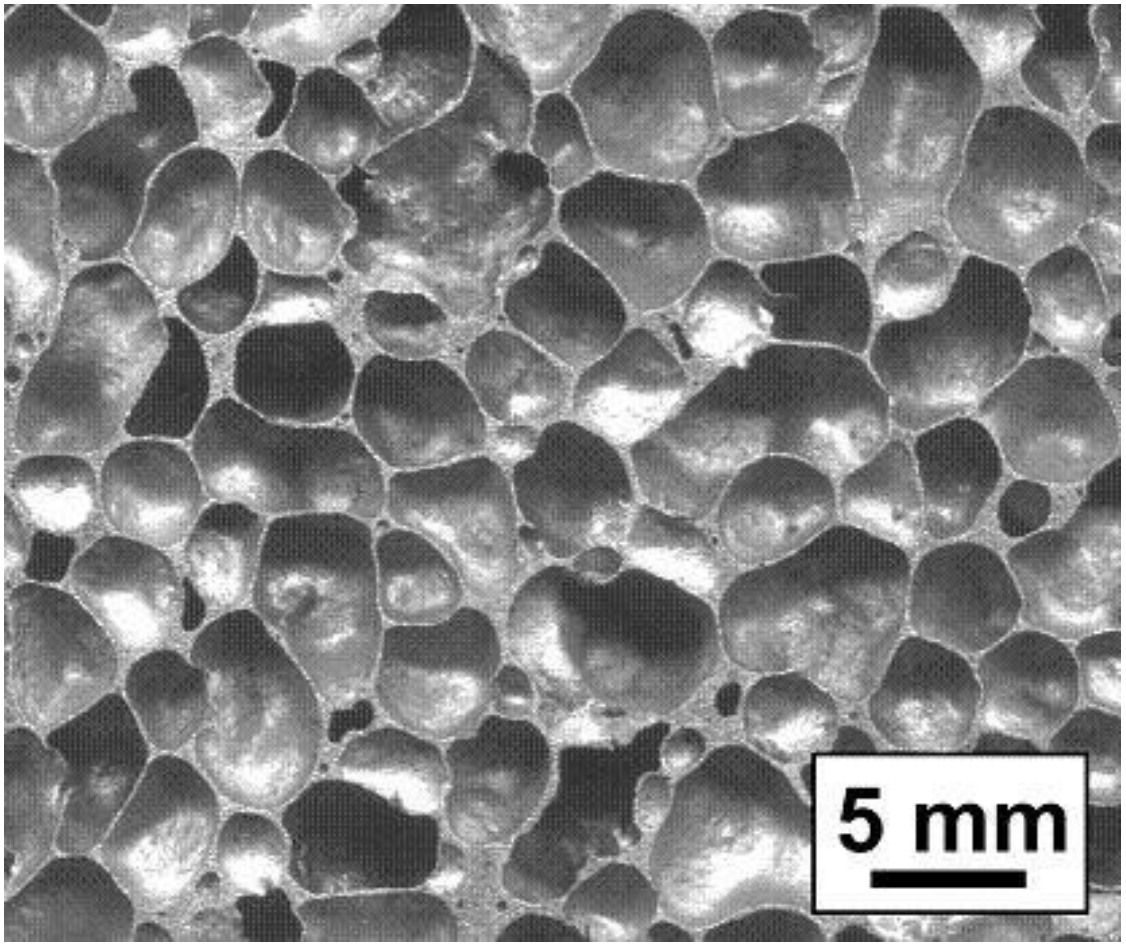


Рис. 2. Замкнуто-пористая структура пеноалюминия

Для изучения теплофизических свойств различных структур во всем диапазоне пористости $0 < П < 1$ были выбраны следующие модели:

– модель с вкраплениями кубической формы,
– модель с взаимопроникающими компонентами.

Идея модели с кубическими вкраплениями заключается в том, что криволинейный характер линий тока в элементарной ячейке заменяется прямолинейным, а это в свою очередь упрощает математическое описание процесса переноса [1].

В элементарной ячейке проводится дробление ее системой вспомогательных изотермических или адиабатных поверхностей, ориентированных определенным образом относительно общего направления потока, что позволяет по формулам для плоских стенок вычислить тепловые сопротивления отдельных частей ячейки. Затем находится приближенное аналитическое выражение для теплопроводности при дроблении адиабатными и изотермическими плоскостями. Эффективная же теплопроводность определяется как среднее арифметическое этих двух теплопроводностей.

Представлены графики расчетов по модели с включениями кубической формы с нанесенными экспериментальными данными.

На (рис. 3) представлена простейшая модель структуры с взаимопроникающими компонентами.

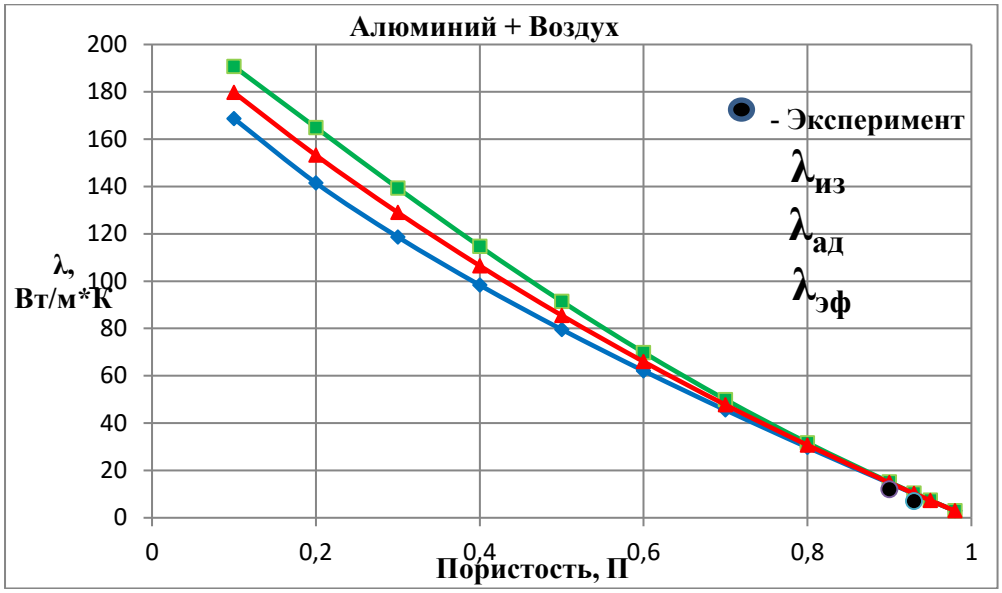


Рис. 3. Алюминий плюс воздух

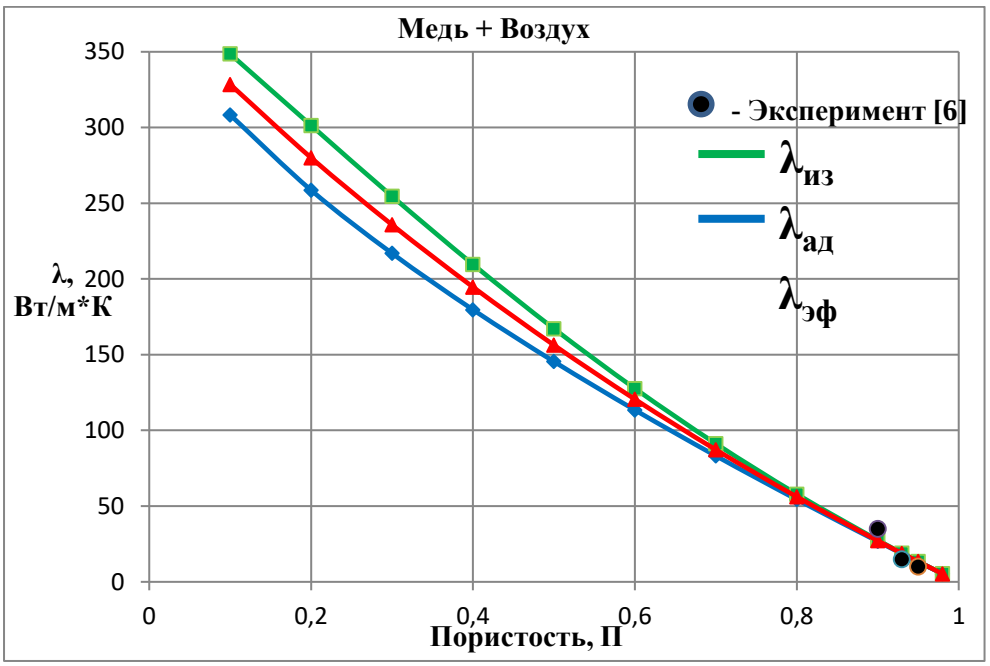


Рис. 4. Медь плюс воздух

В данной модели авторами устанавливается зависимость между геометрическими параметрами структуры и объемной концентрацией компонент

$$П_2 = 2C^3 - 3C^2 + 1 \quad (1)$$

где $C = \Delta/L$–относительный размер бруса, а эффективная теплопроводность определяется по формуле [1]:

$$\lambda = \lambda_1[C^2 + v(1-C)^2 + 2vC(1-C)(vC + 1 - C)^{-1}],\ v = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (2)$$

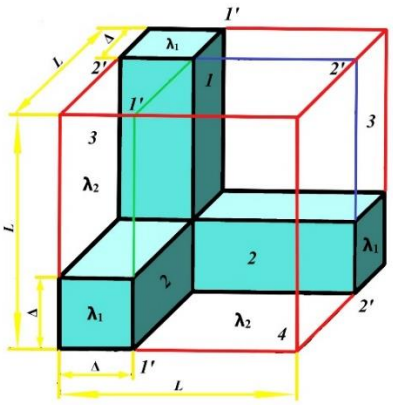


Рис. 5. Элементарная ячейка модели с взаимопроникающими компонентами

Ниже представлены графики расчетов по данной модели с экспериментальными точками.

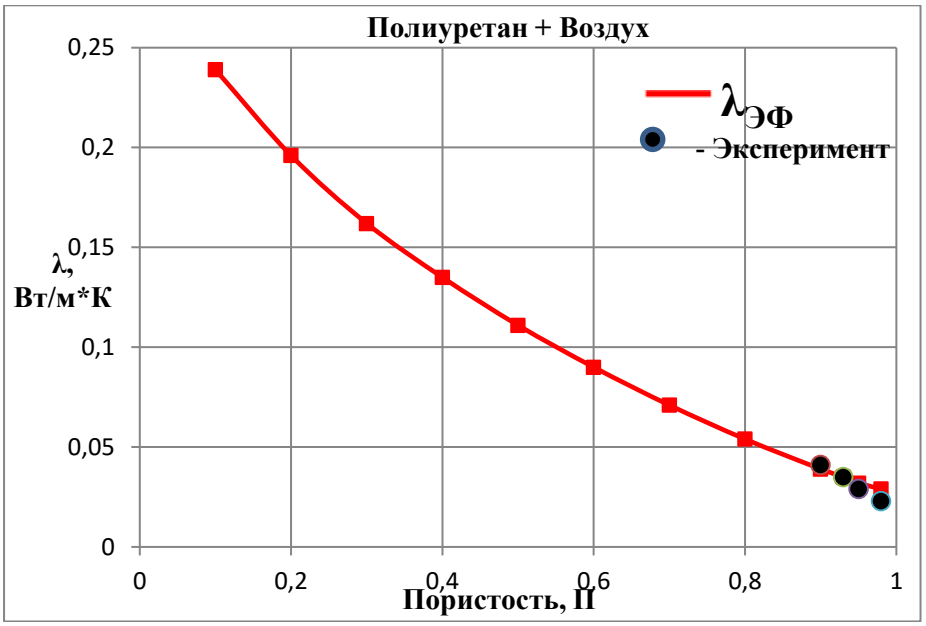


Рис. 6. Полиуретан плюс воздух

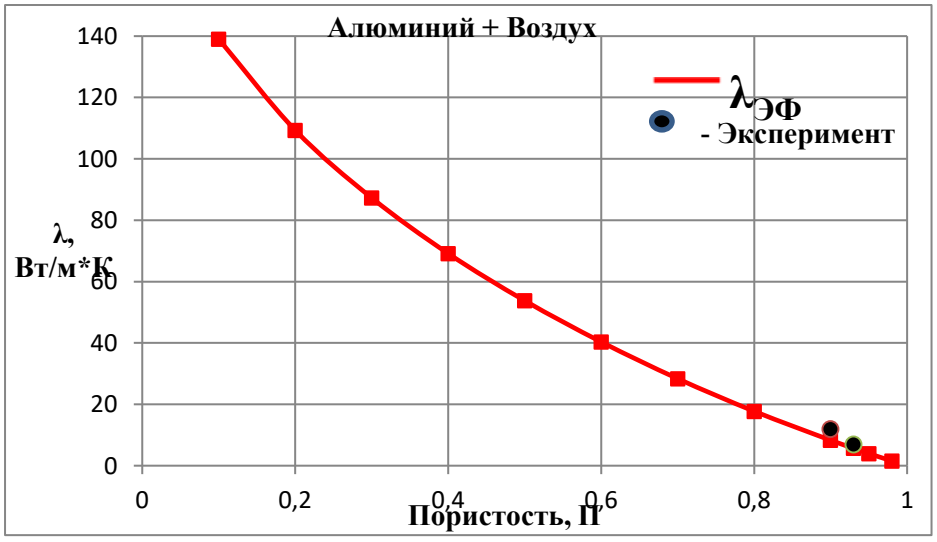


Рис. 7. Алюминий плюс воздух

Расчет теплоемкости материалов проводился по формуле

$$C_{КМ} = C_М * (1 - П) + C_Г * П \quad (3)$$

где $C_М$ – теплоемкость матрицы Дж/кг*К, $C_Г$ – теплоемкость газа в поре, Дж/кг*К.

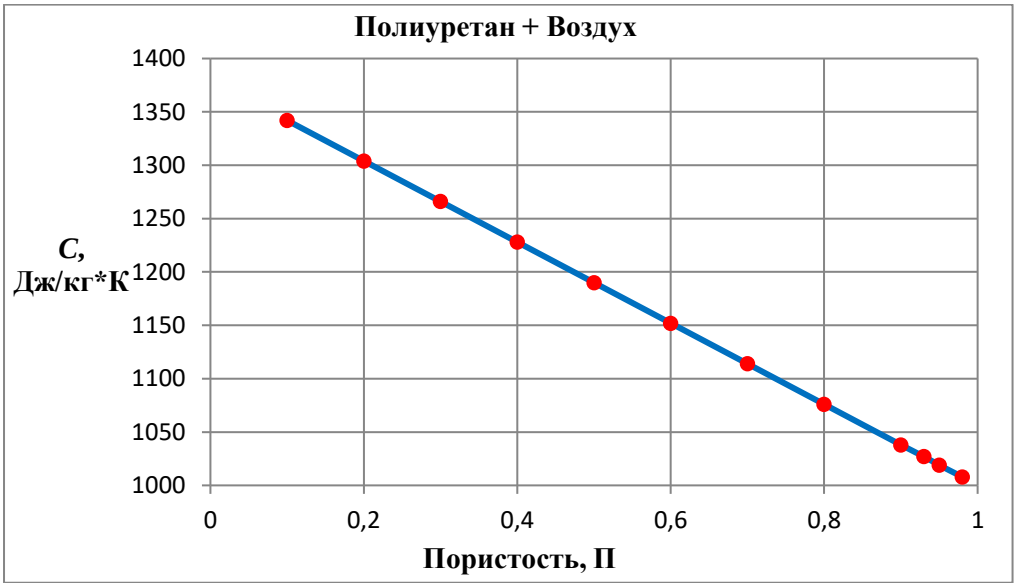


Рис. 8. Полиуретан плюс воздух

В результате исследования был сделан вывод, что модели с структурами кубических вкраплений и взаимопроникающих компонентов можно использовать для прогнозирования теплофизических свойств (эффективной теплопроводности) материала с погрешностью от 8 до 12 %.

Литература

1. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов, Ленинград, «Энергия», 1974. – 261 с.



Иванова Ольга Павловна
Год рождения: 1995
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра управления и права,
группа № S4215
Направление подготовки: 38.04.02 – Менеджмент.
Управление человеческими ресурсами
e-mail: Helga-95@yandex.ru

УДК 331.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА В ОРГАНИЗАЦИИ С АВТОРИТАРНЫМ СТИЛЕМ РУКОВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ООО «ГЛОБАЛ ЭКСПЕДИШН СЕРВИС»)

О.П. Иванова
Научный руководитель – к.ю.н., доцент М.Ф. Воронина

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях современного научно-технического прогресса растет интерес к мотивации сотрудников в той или иной сфере трудовой деятельности. Формирование системы мотивации трудового коллектива является одним из самых важных условий борьбы за рост качества выпускаемой продукции и производительности труда. Вместе с тем, мотивация персонала является показателем уровня социального развития коллектива и его психологических резервов, способствующих полной реализации кадрового потенциала. Это связано с перспективой возрастания социальных факторов в структуре производства, с улучшением, как условий труда, так и организации в целом.

Объектом исследования в данной работе является система мотивации персонала в трудовом коллективе.

Предмет исследования – инструменты совершенствования трудовой мотивации персонала в коллективе организаций транспортно-логистического бизнеса.

Целью исследования является разработка и обоснование проектно-практических рекомендаций по совершенствованию системы мотивации персонала в организациях с авторитарным стилем руководства.

Научная новизна исследования состоит в том, что разработанная система адаптации ранее не применялась в организациях с авторитарным стилем руководства, а разработанные проектно-практические рекомендации будут хорошо применимы в транспортной отрасли.

Теоретическая значимость работы состоит в углубленном изучении аспектов мотивации персонала, особенно в условиях авторитарного руководства в организации.

Практическая значимость данной работы обусловлена применением предложенных проектно-практических рекомендаций в организации ООО «Глобал Экспедишн Сервис», прошедших апробацию в данной компании.

Эмпирическую базу исследования составили результаты анализа документов в ООО «Глобал Экспедишн Сервис», а также анкетирования и глубинного интервью с руководителем организации, проведенного автором при исследовании системы управления персоналом ООО «Глобал Экспедишн Сервис» во время прохождения своей производственной и преддипломной практик.

Нами определено понятие эффективного управления как фактора успешной деятельности коммерческих организаций. Главным источником эффективности управления организацией является не уменьшение количества персонала, функционирующего в сфере управления, а повышение результативности производства

посредством повышения мотивации не только управленческого, но и рабочего персонала. Под авторитарным стилем управления понимается совокупность приемов управления, используя которые, руководитель ориентируется на собственные знания, интересы, цели. Также нами рассмотрены основные принципы и методы осуществления мотивации персонала. Доказано, что руководителю и специалистам системы управления персоналом важно понимать, почему проблемы мотивации возникают в организациях и как повысить мотивацию персонала в трудовом коллективе. Для этого представлены основные составляющие, факторы и цели мотивации, ключевыми из которых являются: а) интерес; б) желание; в) стремление; г) намерение; д) удовлетворенность трудом – один из самых важных социальных факторов, влияющих на эффективность деятельности работников и их трудовую мотивацию[1 – 3].

Коэффициент текучести кадров в рассматриваемой нами организации за 2017 год составил 21,2 для всего персонала. Для работы с данными нами была использована программа MS Excel. Нами установлено, что текучесть кадров растет в третьем и четвертом квартале года, то есть в конце лета и начале осени, когда водители, совмещавшие работу в отпуске, выходят к основной работе.

С точки зрения перспективы организационной структуры, проблема мотивации заключается в формировании организации – людей, повседневных операций, процессов и культуры, – чтобы более тесно согласовывать интересы между организацией и ее сотрудниками и таким образом увеличить эффективность деятельности. При выполнении этой задачи руководитель должен иметь доступ ко всем рычагам организационной структуры – и во многих контекстах эти факторы необходимо использовать. В частности, мотивация служит не просто основанием для монетарных стимулов, чрезвычайно важных в некоторых случаях [4 – 5].

Нами проведен опрос (в виде анкетирования) о мотивации сотрудников в ООО «Глобал Экспдишн Сервис». Результаты показали, что 87% респондентов удовлетворены своей заработной платой, коллектив сплоченный, даже авторитарный стиль управления устраивает 51% коллектива. Нужно сказать, что и близость офиса к дому обуславливает мотивацию всего 32% сотрудников трудового коллектива. 17% опрошенных работают в ООО «Глобал Экспедишн Сервис» только сезонно (преимущественно в третьем квартале года), их мотивация обусловлена удобным графиком работы и высоким уровнем заработной платы. В коллективе имеются сотрудники, которые сезонно работают в ООО «Глобал Экспедишн Сервис» на протяжении нескольких лет. Имеются опытные, постоянные сотрудники, работающие в организации с самого основания, но в то же время текучесть велика. Опытные сотрудники пользуются авторитетом у молодых, являются наставниками, неформальными лидерами коллектива.

Ввиду высокого коэффициента возврата, нам удалось выяснить, насколько наша выборка была репрезентативна. Согласно официальным данным, 32% членов-респондентов являлись женщинами, количество мужчин в нашей выборке составило 68%.

В исследовании измерялись две переменные: социально-психологический климат трудового коллектива и мотивация персонала.

Для измерения переменной были отобраны следующие шкалы: «Экспресс-методика оценки социально-психологического климата в трудовом коллективе» (А.С. Михайлюка и Л.Ю. Шарыто, 2005) (приложение 4), а также проводился опрос сотрудников в виде анкетирования, вопросы касались мотивации работы именно в ООО «Глобал Экспедишн Сервис» и удовлетворенности трудом (приложение 2).

Для работы с данными использовалась программа STATISTICA 10.

Таблица 1

Описательная статистика переменных

Переменная	Возможный диапазон оценок	Середина шкалы	Средняя оценка	Стандартное отклонение	Наблюдаемая минимальная оценка	Наблюдаемая максимальная оценка
Социально-психологический климат	1-7	4	6	0,1	4,3	7
Мотивация	1-7	4	4,9	0,3	3,9	6,9

В целом, выборочные оценки изучавшихся переменных недостаточно полно охватывали теоретически возможные диапазоны, потому что даже минимальная оценка выше середины шкалы. Это значит, что, по мнению сотрудников, социально-психологический климат в коллективе на достаточно высоком уровне. Тем не менее, мы видим, что мотивация не достаточно высока, она находится на среднем уровне (скорее всего за счет ответов наиболее опытных и постоянных сотрудников).

Были сформулирована следующая гипотеза:

Социально-психологический климат напрямую влияет на мотивацию сотрудников, существует и обратная зависимость.

Для проверки гипотезы нами были проведены 2 анализа: в первом в роли независимой переменной рассматривался социально-психологический климат, в роли зависимой переменной – мотивация работников, во втором в роли зависимой переменной – мотивация.

Таблица 2

Коэффициенты детерминации

Регрессионное уравнение	Коэффициент детерминации (R2)	Величина F
1	016	0.70 (p<.05)
2	036	1.61 (p<.05)

Таблица 3

Регрессионный анализ переменных

	b*	Стандартная ошибка b	b
Шаг 1			
Интерцепт. Социально-психологический климат.	– 0,13	– 0,15	4,33 0,11
Шаг 2			
Интерцепт. Мотивация.	– 0,19	– 0,15	1,25 0,06

Регрессионные анализы с использованием процедуры Барена и Кенни привели к следующим результатам. Первое регрессионное уравнение оказалось значимым F (1,42) = .70345 p <.05, социально-психологический климат в коллективе позитивно связан с мотивацией, b = .11, p <.05 (b – коэффициент значимости, p – критерий для сравнения). Следовательно, первое условие выполняется. Второе регрессионное уравнение оказалось незначимым, F (1,42) = 1.6127 p <.05. Следовательно, второе условие не выполняется, и мотивация почти не влияет на социально-психологический климат в коллективе.

Нами выяснено, что социально-психологический климат влияет на мотивацию сотрудника к работе напрямую, в то время как существует и обратная несильная связь.

Самый важный недостаток системы управления персоналом – текучесть кадров: как правило, именно новые сотрудники надолго не задерживаются в организации – это проблема адаптации нового персонала.

Для эффективной адаптации новых сотрудников к коллективу, рабочему месту, начальству, корпоративной культуре организации необходимо проводить программу адаптации. В осуществлении этого процесса руководитель лично (или его заместитель) (исходя из того, что стиль управления авторитарный) должен принимать участие. Программа адаптации может состоять из двух этапов: организационного и профессионального.

Организационный этап позволит ознакомить сотрудника с общими сведениями об организации, ее структурой, организацией труда, заработной платой. Можно также провести экскурсию по офису (складу), познакомить с непосредственным руководителем, наставником, далее – с коллективом (в нашем случае – представить нового сотрудника на пятиминутке в начале рабочего дня).

После реализации организационного этапа адаптации наступает профессиональный этап. На данном этапе сотрудника знакомят с: 1) рабочим местом, 2) техникой безопасности, 3) его основными обязанностями и должностной инструкцией, 4) длительностью рабочего дня и рабочим графиком, 5) ответственностью за те или иные действия, имущество организации, 6) графиком отпусков, 7) требованиями к качеству выполняемой работы, 8) ожидаемыми результатами.

Содержание программы: 1. Подготовительный этап. 2. Организационный этап. 3. Окончание испытательного срока.

Перспективы исследования данной проблемы состоят в более глубоком исследовании вопроса, например, разработки и внедрения совершенно новой системы мотивации персонала, включающей особенности работы именно в одной конкретной организации. Также возможно глубинное исследование уже существующей системы

мотивации персонала, касающейся не только удовлетворенности сотрудников, но и количественных показателях эффективной мотивации, а также рассмотреть существующее положение дел после применения проектно-практических рекомендаций, разработанных в данной работе в течение нескольких лет.

Литература

1. Абчук В.А., Гелих О.Я. Философия и теория управления: учебное пособие. – СПб: Книжный Дом, 2015.
2. Волковицкая Г.А. Мотивация трудовой деятельности: учебное пособие. – СПб: Книжный дом, 2010.
3. Кибанов А.Я, Баткаева И.А. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности: учебник. – М.: Инфра-М, 2012.
4. Михайлюк А.С., Шарыто Л.Ю. Экспресс-методика оценки социально-психологического климата в трудовом коллективе, 2005.
5. Тарелкина Т.В. Менеджмент сегодня. // Консультирование, Исследования. Тренинги. (Консалтинговый журнал). – М.: Аксима. – 2012. – № 7.



Ильющиц Вероника Валерьевна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологии мясных,
рыбных продуктов и консервирования холодом,
группа № 4207
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья
e-mail: nikotinka.i94@mail.ru

УДК 664.8.037.1

ИЗУЧЕНИЕ МЕТАБОЛИТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ШТАММОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИИ И ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ФИТОПАТОГЕНОВ

В.В. Ильющиц
Научный руководитель – д.т.н., доцент Е.И. Кипрушкина

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья»

На устойчивость картофеля значительно могут повлиять микроорганизмы, совместно обитающие с растениями. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) – группа бактерий из различных таксономических групп, обитающих в ризосфере и корнях, обладающих свойствами стимулировать рост растений, а также повышать устойчивость растений к стрессам биотической и абиотической природы [3]. Эта группа является объектом интенсивных исследований в последнее время, так как имеет огромное значение для развития сельского хозяйства [2].

Бактерии, снижающие частоту и тяжесть инфекционных заболеваний растений, часто определяют термином «биоконтрольные агенты», тогда как бактерии, обладающие антагонистической активностью против фитопатогенов, определены как бактерии-антагонисты [1].

Выделяют следующие механизмы, обеспечивающие биоконтроль бактерий группы PGPR по отношению к фитопатогенам:

1. синтез гидролитических ферментов, таких как хитиназы, глюканазы, протеазы и липазы, которые могут лизировать клетки грибных фитопатогенов [4];
2. конкуренция за питательные вещества и колонизационные ниши на поверхности корня;
3. регуляция уровня этилена за счет продукции фермента АЦК - дезаминазы в условиях стресса; индуцированный иммунитет растений[5].

Заболевания растений вызывают огромные потери, изменяя качество и количество собранных культур. Многие болезни, вызванные бактериями, зависят от участия гормонов в растении, в то время как другие гормоны в растении действуют как защитные сигналы.

Актуальность данной работы, это выявление нового метаболита с новыми свойствами, который участвует в защите растений в различных условиях.

Цель работы – является изучение метаболитов перспективных штаммов в изменяющихся биотических и абиотических условиях вегетации и холодильного

хранения картофеля с целью поиска эффективных способов контроля фитопатогенов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить полезные свойства штаммов микробов-продуцентов новых полифункциональных биопрепаратов.
2. Провести анализ синтеза ауксинов микробиальными штаммами.
3. Изучить влияние микробиальных метаболитов эндогенного и экзогенного синтеза на физиологический процесс роста и развития модельного растения Arabidopsis thaliana.

Объектами исследования являлись штаммы: W65 выделен с поверхности клубней дикого вида картофеля Solanum polytrichon. N43 – выделен с поверхности клубней культурного вида картофеля Solanum stoloniferum. Штамм Pseudomanassp. 2ES, выделен из ели. Также в работе были использованы семена растения Arabidopsis thaliana (экотип Columbia, трансгенная линия DR5-GUS).

Для проведения опытов, первоначально все проводится на Arabidopsis thaliana, так как он является модельным растением. У него полностью секвенирован геном, растение легко содержать и разводить в лабораторных условиях.

Методы, используемые в работе:

– Микровегетационные опыты в гнотобиотических системах.
– Метод предназначен для выявления фенотипа (морфологических изменений, морфологических параметров корневой системы и побега).

Высокие концентрации ауксина могут вызывать снижение устойчивости растения к патогенам. Патогенные микроорганизмы также способны к синтезу ауксиноподобных гормонов. Бактерии могут влиять на гомеостаз ауксина в растении.

Из проведенных опытов следует, что штамм 2ES наиболее эффективно стимулирует рост корневой системы и влияет на уровень ауксина в корне.

Гистохимия корня с применением трансгенных маркерных конструкций DR5-GUS (комплекс промоторов ауксин-индуцируемых генов).

Данный метод предназначен для определения относительной интенсивности экспрессии ауксин-индуцируемых генов. Трансгенная конструкция состоит из пяти промоторов ауксин-индуцируемых генов, под контролем которых находится бактериальный ген. Как только промотор активируется, бактериальный ген начинает работать и появляется синяя окраска.

По результатам данного опыта наблюдается снижение концентрации ауксина в зоне ниши стволовых клеток у растений, инокулированных бактериальной суспензией Bacillusamyloliquefaciens ch-13.

По полученным показателям изучения синтеза гормональных веществ ауксинной природы исследуемый штамм бактерий имеет способность к синтезу ауксина.

Исследование способности бактерий поддерживать жизнедеятельность мутантов Arabidopsis thaliana, дефицитных по витаминам.

Используемые мутантные линии: pale1 – нарушен синтез тиамина, pdx1.1 – нарушен синтез пиридоксина.

Данные мутанты без добавления в среду витаминов нежизнеспособны и погибают, как только заканчивается запас витаминов, накопленный в семени. Для pale1 – это 4-5 суток, для pdx1.1 – 8-9 суток.

Было проведено исследование эффективности штаммов поддерживать жизнеспособность мутантов, дефицитных по витаминам на четвертые, пятые и восьмые сутки.

Из проведенных опытов следует, что штамм 2ES эффективно поддерживал жизнеспособность мутантов, дефицитных по тиамину, а штамм N43 эффективно поддерживал жизнеспособность мутантов, дефицитных по пиридоксину.

Исследование эндогенного уровня ауксина с помощью трансгенного растения DR5-GFP.

При изменении уровня эндогенного ауксина изменяется экспрессия белка GFP, которую можно зафиксировать по изменению интенсивности флоуресценции в тканях растения при возбуждении длиной волны 488 нм.

Представлен ряд средних значений интенсивности окраски экспрессии DR5-GFP в кончике корня Arabidopsisthaliana, при инокуляции штаммами N43 и W 65 с разведением. Чем интенсивнее окраска, тем больше эндогенного ауксина.

Из полученных результатов следует, что штамм N 43 с разведением 1:1000 способствует увеличению уровня эндогенного ауксина в корне

Определение окислительно-восстановительного статуса растения с помощью трансгенного растения ro-GFP.

Растения с экспрессией белка roGFP используют для определения уровня биотического стресса растения, вызванного колонизацией штаммами. Растение воспринимает присутствие даже полезных микроорганизмов как дополнительную нагрузку. Бактерии могут оказывать как полезное, так и стрессовое влияние на растение, в зависимости от собственного количества и внешних условий. При инокулировании растений Arabidopsis thalianacуспензией штамма N 43 отмечен больший стрессовый эффект.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований получены следующие выводы:

1. Были изучены ростстимулирующие способности штаммов микробов-продуцентов потенциальных полифункциональных биопрепаратов.
2. Изучаемый штамм 2ES наиболее эффективно стимулирует рост корневой системы растения Arabidopsis thaliana.
3. Была показана элиситорная способность исследуемых штаммов вызывать накопление в растительных тканях ауксинов. По проведенным исследованиям наименьший синтез ауксина отмечен у штамма W 65, по сравнению со штаммами N 43 и 2ES.

Есть биоконтрольные штаммы, полученные ранее в лаборатории. Мы исследуем механизм их различного биоконтрольного эффекта или его отсутствие. Ауксины подавляют сигнальные пути, чтобы защититься от любого стресса. Если ауксинов много под воздействием биоконтрольного штамма, то ауксины будут подавлять сигнал растения отреагировать на внешнее воздействие (антагонизм). Чем больше ауксинов, тем растение восприимчивее к инфекциям.

Литература

1. Beattie G.A. Plant– associated bacteria: survey, molecular phylogeny, genomics and recent advances. In: Plant– Associated Bacteria / Gnanama– Nickam S.S. (ed). – Dordrecht: Springer, 2006. – P.1–56.
2. Farrar K., Bryant D., Cope-Selby N., 2014. Understanding and engineering beneficial plant–microbe interactions: plant growth promotion in energy crops. Plant Biotechnology Journal, 12, 1193–1206.
3. Glick B. R., 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Scientifica. http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401.
4. Neeraja C., Anil K., Purushotham P., Suma K., Sarma P., Moerschbacher B.M., Podile A.R. Biotechnological approaches to develop bacterial chitinases as a bioshield against fungal diseases of plants // Crit. Rev. Biotechnol. – 2010. – No.30. – P.231–241.
5. Sharifi R., Ryu C.-M., 2016. Are Bacterial Volatile Compounds Poisonous Odors to a Fungal Pathogen Botrytis cinerea, Alarm Signals to Arabidopsis Seedlings for Eliciting Induced Resistance, or Both? Front. Microbiol., 7, 196. doi: 10.3389/fmicb.2016.00196.



Калинкина Ольга Сергеевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В3400
Направление подготовки: 12.04.02 – Компьютерная оптика
e-mail: olch404oo@gmail.com

УДК: 535.317

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ АХРОМАТИЧЕСКИХ И АТЕРМАЛИЗОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

О.С. Калинкина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Иванова

Подбор компонентов, входящих в оптическую систему, является решающим фактором будущих характеристик всего оптического прибора. Зачастую ориентировка только на оптические свойства компонентов приводит на дальнейших этапах разработки изделия – конструировании и производстве, к усложнению и удорожанию системы. Популярные программы для расчета оптических систем, такие как Zemax OpticStudio и OPAL-PC предоставляют возможность, разумеется, ограниченную данными о материалах, корректировать результаты анализа с учетом внешних факторов, например, таких как рабочая температура. Синтез компонентов, в свою очередь, является сложной аналитической задачей, реализация которой, для каждого случая может занимать непредсказуемое время. На результат влияет выбор стартовой точки, опытность проектировщика, доступность и количество ранее реализованных близких решений и т.д. Повышение эффективности данного этапа являлось, и является, актуальной проблемой расчета оптики. Ахроматические компоненты обширно используются в оптических системах, и, сейчас, важная проблематика – это именно подбор материала, удовлетворяющего всем требованиям системы, в том числе и условиям эксплуатации, в частности, рабочей температуре. Данное решение позволит избежать или, по меньшей мере, упростить дальнейшее использование дополнительных устройств и элементов для сохранения качества изображения.

Целью данной работы является разработка программного модуля, способного вычислять значения показателя преломления и другие параметры с учетом температуры, разработка аналитического модуля для персонализированного подбора и анализа результатов, а также модификация программы синтеза склеенного компонента с использованием произвольных стекол и разработанных модулей.

Номограмма – это графическое представление функции от нескольких переменных, позволяющее при помощи простых геометрических операций исследовать функциональные зависимости. Ранее [1, 2, 3] были созданы различные номограммы, позволяющие исследовать поведение оптических материалов под воздействием температур. Основная проблема – при усложнении условий простая номограмма перестает быть функциональной, а сложная наоборот, затрудняет поиск и требует сложного алгоритма для работы с полученными результатами. Статичные номограммы, так же, не позволяют гибко подстраиваться под текущую задачу и сложно поддаются корректировке, хотя и позволяют оценить возможности реализации того или иного варианта. Возможность построения номограммы и работа с ней в режиме реального времени позволит существенно оптимизировать работу с данным инструментом.

Расчет двухлинзового склеенного объектива по методике Слюсарева хорошо известен и представляет собой подсчитывание радиусов кривизны и нахождение пар стекол системы двух бесконечно тонких склеенных линз, обладающей заданными значениями трех параметров: сферической аберрации третьего порядка; комы третьего порядка; хроматической аберрации. Эти три параметра, комбинированные различным образом, определяют все хроматические аберрации в гауссовой области и все аберрации третьего порядка в объективе. В данной работе предлагается вычислять показатели преломления стекол с учетом температуры, что позволит добиться не только ахроматизации, но и атермализации.

Термодисперсионная формула представляет собой «поправку» на температуру: пересчитывается значение показателя преломления для данной температуры, что ведет к дальнейшим изменениям во всем расчете. Изменение абсолютного показателя преломления стекла от температуры выражается следующим образом (1–3):

$$\Delta n_{abs} = \frac{n^2-1}{2n}\left[D_0\Delta\mathrm{T} + D_1\Delta T^2 + D_2\Delta T^3 + \frac{E_0\Delta\mathrm{T}+E_1\Delta T^2}{\lambda^2-S_{tk}\lambda_{tk}^2}\right], \quad (1)$$

где n – относительный показатель преломления для заданного справочного значения температуры; ΔT – изменение температуры относительного справочного значения: $D_0, D_1, D_2, E_0, E_1, \lambda_{tk}$ – константы, предоставляемые производителем стекла, которые описывают его «термальное» поведение; S_{tk} – вспомогательная константа (равняется 1 если λ_{tk} положительное и -1 – если отрицательное).

Для расчета всей системы необходимо так же учитывать воздушные промежутки. В данном случае, например, в пространстве изображений за склейкой.

Для показателя преломления воздуха:

$$n_{air} = 1 + \frac{(n_{ref}-1)P}{1+(T-15)(3{,}4785\times10^{-3})}, \quad (2)$$

Где

$$n_{ref} = 1 + \left[6432{,}8 + \frac{2949810\lambda^2}{146\lambda^2-1} + \frac{25540\lambda^2}{41\lambda^2-1}\right]\times10^{-8} \quad (3)$$

где T – температура в градусах Цельсия; относительное давление воздуха, безразмерное; λ – длина волны в микрометрах.

Из учета поставленной задачи были модифицированы программные модули чтения и расчета, а также разработан программный модуль учета термооптичеких характеристик, так же, для аналитической части разработан графический блок. Он включает в себя построение всеми знакомой диаграммы Аббе по текущим заданным параметрам, а также все необходимые для оценки систем номограммы. Разработанный блок позволяет при необходимости в любой момент расширить функционал и добавить новые номограммы или отображения параметров. Везде использовался объектно-ориентированный подход, а реализация выполнена на языке C++.

На рисунке ниже представлен новый внешний вид программы синтеза склеенного компонента, основная форма практически не изменилась, пользователь может легко воспользоваться всем предыдущим функционалом.

Алгоритм определяет подходящие пары стекол, и, для каждой составленной пары, вычисляет конструктивные параметры склеенного компонента. Необходимо отметить естественное отсутствие подбора клеевой составляющей схемы, она, как правило, добавляется на дальнейших этапах разработки, и каждый раз зависит от конкретных марок, входящих в склейку. Все стекла просматриваются методом «все со всеми»,

«кроном» определяется стекло с меньшим числом Аббе, а «флинтом» – соответственно, с большим числом Аббе. Далее, получив конструктивные параметры для каждой подобранной комбинации, на их основе, рассчитываются конечные параметры аберраций P, W, C, а также реальные аберрации: поперечная и продольная сферическая аберрация для края зрачка, хроматизм положения и кома для заданной точки поля. После вычислений, все необходимые характеристики выводятся в таблицу, содержащую параметры и аберрации. Полнота полученной информации предоставляет возможность сравнивать изначально указанные аберрации с вычисленными и определить наилучший (наиболее подходящий и близкий к введенным значениям результат подбора).

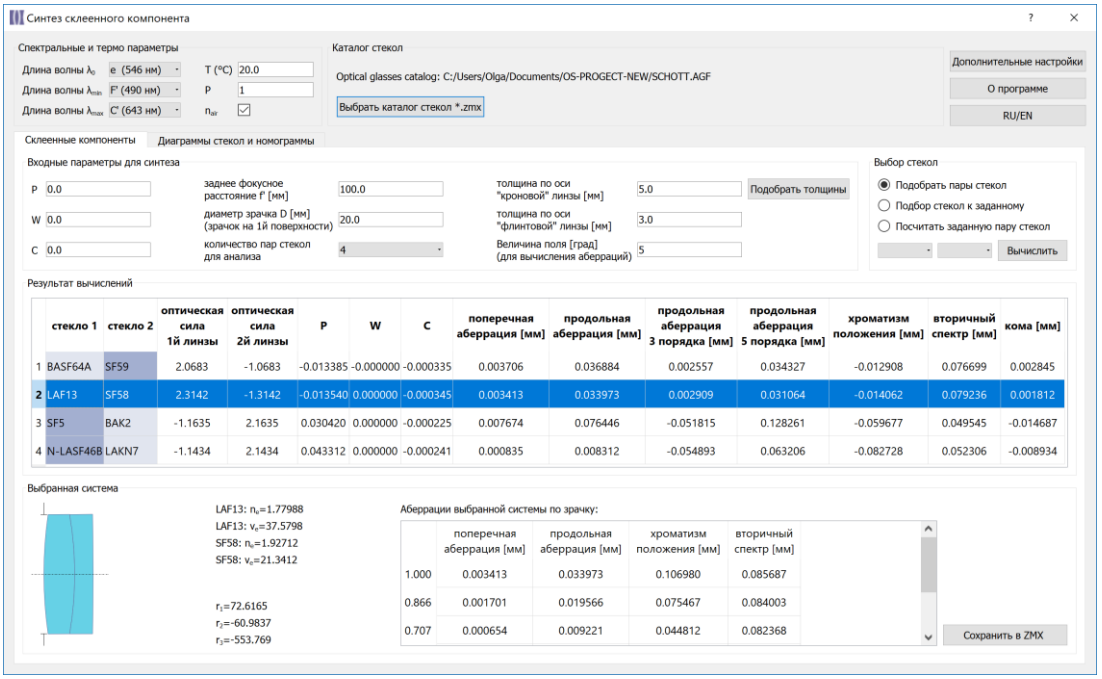


Рисунок. Программа "Синтез склеенного компонента"

Программа отображает внешний вид выбранного в таблице варианта, и вдобавок, значения продольной и поперечной аберрации, хроматизм положения и вторичный спектр для разных значений зрачковых координат.

Изучив все представленные данные, пользователь может выбрать именно тот склеенный компонент, который наиболее всего подходит под заданные параметрами и является отличной базой для продолжения анализа и оптимизации в сторонних программах для автоматизированного проектирования оптических систем. По умолчанию предлагается преобразование выбранного результата в формат, читаемый программой Zemax OpticStudio [4], для других программ рекомендуется использовать существующие конверторы из этого формата или ручной ввод данных.

Все представленные варианты расчета можно сортировать по желанию пользователя по любой представленной характеристики.

Используя представленные результаты работы алгоритма и программы, инженер (пользователь) может выполнить полноценный анализ и принять решение о дальнейшем пути расчета: ввести поправку с учетом реальной величины сферической аберрации пятого порядка и повторить расчет, подобрать самостоятельно новую систему, выбрать систему с минимальной аберрационной характеристикой или найти компромиссный вариант решения. Именно тут, табличное представление информации помогает одновременно сравнивать множество вариантов решений и выбрать самое оптимальное из них.

Таким образом, в результате работы была разработана программа, позволяющая автоматизировать подбор пары стекол для склеенного компонента с учетом апланатической и ахроматической коррекции, а также атермализации. Она позволяет автоматически производить подбор склеенного компонента для заданной температуры, быстро и наглядно проводить графоаналитический подбор стекол, а также оценивать результаты готового подбора и сравнивать с ручным подбором материалов. Разработанная методика позволяет ускорить и упростить для проектировщика этап предварительного расчета оптической системы (в данном случае – простого склеенного компонента), а именно – этап подбора оптических материалов, выбор которых существенно влияет на коррекцию хроматических аберраций и баланс аберраций в целом. Особенно полезной методика может быть в случае расчета сложных систем, например, с переменными оптическими характеристиками (фокусным расстоянием или увеличением), так как в этом случае успешно может быть применена методика расчета оптической системы по частям. Так же, не стоит забывать, что рассчитанные значения конструктивных параметров полученного компонента могут являться исходными данными для дальнейшего расчета и оптимизации в программах для автоматизированного расчета оптических систем. По итогу работы были выполнены все поставленные задачи по разработке методики и реализации её в виде программного обеспечения. Так же была проведена оптимизация программы синтез склеенного компонента с учетом современных тенденций, удобства, эргономичности, эффективности, наглядности, простоты, а также, запросов пользователей. Программа выложена на сайте. В дальнейшем планируется поддерживать актуальность программного продукта.

Литература

1. Волосов Д.С. Фотографическая оптика //Д.С. Волосов. – М.: Искусство. –1978. 543 с, Издание 2, исправленное ред.
2. Shchavalev O.S., Arhipova L.N. Athermal optical glasses and thermally stable space-based apochromats // Journal of Optical Technology, vol 70(8), 2003, pp. 576-585
3. Tamagava Y. Multilens system design with an athermal chart //Applied Optics, vol. 33, 1994, pp. 8009-8013.
4. Zemax, LLC OpticStudio 16.5 SP1 Help files December 2016. [s.l], 2016. – 2370 pp.



Комаров Денис Евгеньевич
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № В4210
Направление подготовки: Инноватика в оптотехнике
e-mail: dkomar94@mail.ru

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ФОТОЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ

Д.Е. Комаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Рыжова

Работа посвящена исследованию и разработке стенда для изменения характеристик твердотельного фотоумножителя. Для этого на основе аналитического обзора и патентных исследований разработана структурная схема стенда. По разработанной методике проведены исследования динамического диапазона, апертурных и спектральных характеристик.

Ключевые слова: лабораторный стенд, кремниевый фотоумножитель, SiФЭУ, апертурные характеристики.

Геофизические измерения могут рассматриваться как один из наиболее консервативных видов измерений. Многолетний опыт измерений геофизических полей был подчинен, в первую очередь, требованиям высокой точности и адекватности результатов измерений (соответствия реальной картине физического мира). Эти требования в значительной мере обеспечивались преемственностью технологии измерений. Как следствие, номенклатура приборов, их функциональные возможности, методическое и метрологическое обеспечение десятилетиями оставались без изменения.

Многие пользователи вполне удовлетворены таким состоянием дел: применение одних и тех же приборов в течение десятков лет обеспечивает преемственность технологии измерения, обработки и интерпретации данных [1].

Однако сегодня эта картина начинает меняться: появились новые технологии, в том числе информационно-компьютерные, существенно усложнились условия проведения измерений, растет конкуренция на рынке геофизических услуг. В мировой практике осуществляется повсеместный переход на геофизическую аппаратуру 5-го поколения, для которой характерны малые габариты, высокий уровень автоматизации, многоканальность, цифровая фильтрация, спутниковая синхронизация, отсутствие проводной связи, возможность объединения в систему неограниченного числа приборов, цифровая запись на долговременную память с большим ресурсом, питание от долгоживущих источников и пр. Таким образом, качественно новой основой изучения земных недр становится инструментальная геология [2].

Так в современных геологических приборах, в частности в полевом гамма-спектрометре, было предложено использовать пару кристалл-сцинтиллятор и кремниевый фотоумножитель (SiФЭУ) в качестве детектора гамма излучения. Ключевой особенностью нового полевого гамма-спектрометра является использование твердотельных кремниевых ФЭУ вместо морально устаревших вакуумных ФЭУ. Появление твердотельных кремниевых ФЭУ, технические и стоимостные характеристики которых позволяют применять их в полевой аппаратуре, привело к

ситуации, когда практически одновременно в ряде стран начались исследования прикладных аспектов их использования.

Однако, выбор матричного кремниевого фотоумножителя, наиболее приемлемого для решения конкретной прикладной задачи, является достаточно сложным вследствие большого ассортимента детекторов, доступных на рынке.

При этом параметры SiФЭУ, влияющие на эффективность регистрации фотонов полевым гамма-спектрометром, существенно различаются не только между изделиями разных производителей, но и между несколькими датчиками в рамках одного модельного ряда [3]. Поэтому при проектировании новых приборов необходимо формировать стенды, методики и программы испытаний для экспериментальной проверки разработанных конструктивных элементов и программно-технических решений.

Особое внимание уделяется исследованию взаимного расположения кристалла и SiФЭУ в схеме приемного блока, которое определяет не только параметры эффективности полевого гамма-спектрометра, но и его конструкцию, а, следовательно, массу и габариты. Конструкция данного узла во многом зависит от апертурных (угловых) характеристик SiФЭУ, которые влияют на равномерность распределения потока излучения по площадке приемника. Поэтому исследование апертурных характеристик чувствительности приемного блока с SiФЭУ, выбранного в качестве чувствительного элемента полевого гамма-спектрометра, является одним из ключевых этапов оптимизации стыковки сцинтиллятора и фотоприемника при формировании компьютерной модели детектора.

Таким образом, представляется актуальной разработка лабораторного стенда и исследование зависимости электрического сигнала на выходе приемного блока на основе SiФЭУ от угла падения излучения на его входную границу раздела сред.

В ходе данной работы была достигнута цель – разработать и исследовать стенд для измерения характеристик твердотельного фотоэлектронного умножителя. Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

1. Выполнить аналитический обзор известных технических решений в области исследования приёмников оптического излучения на основе лавинных фотодиодов.
2. Провести патентные исследования.
3. Рассмотреть теоретические вопросы функционирования устройства оптотехники.
4. Разработать структурную схему стенда и обосновать выбор ее основных элементов.
5. На основе габаритного расчета разработать оптическую схему стенда.
6. Выполнить энергетический расчет стенда.
7. Разработать схему электрическую соединений стенда.
8. Разработать методику проведения экспериментальных исследований апертурных характеристик чувствительности кремниевого фотоумножителя.
9. Провести экспериментальные исследования апертурных характеристик SiФЭУ.
10. Разработать конструкцию лабораторного стенда.
11. Провести маркетинговые исследования рынка.
12. Выполнить расчет экономической эффективности разработки.

В рамках магистерской диссертации получены следующие результаты.

Проведен аналитический обзор известных технических решений в области исследования параметров приёмников оптического излучения на основе лавинных фотодиодов. Рассмотрены схемы для исследования и измерения напряжения лавинного пробоя фотоумножителей, вольтамперных характеристик лавинных фотодиодов, динамического диапазона приемников оптического излучения, эффективности регистрации фотонов кремниевыми фотоумножителями, спектральных характеристик чувствительности кремниевого фотоумножителя и др. Основываясь на результатах аналитического обзора сформулирована цель: разработать и исследовать стенд для измерения характеристик твердотельного фотоэлектронного умножителя.

По итогам патентных исследований и рассмотрения теоретических вопросовфункционирования кремниевых фотоумножителей выбран ключевой параметр для исследования – апертурные характеристики.

На основе схемы для измерения динамического диапазона разработана собственная структурная схема стенда для измерения апертурных характеристик (рис. 1).

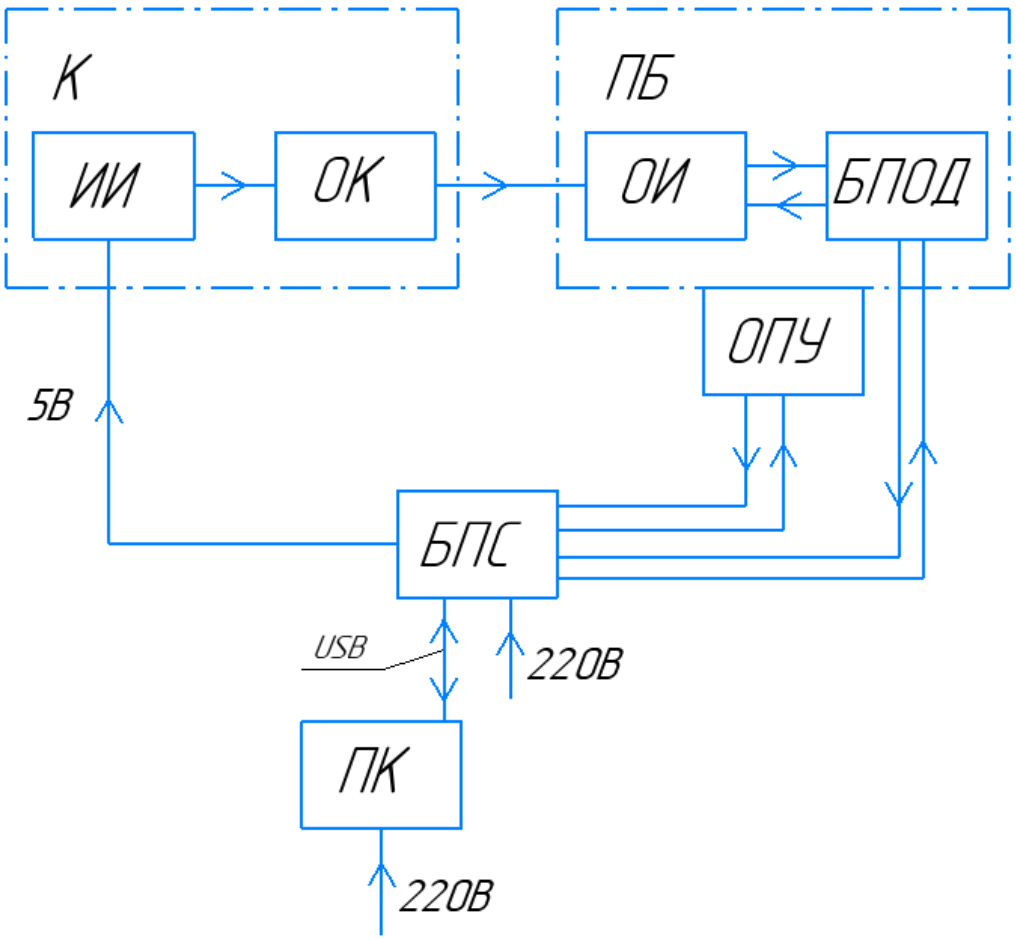


Рис. 1. Схема комбинированная структурная стенда

Свет от источника излучения (ИИ), пройдя через объектив коллиматора (ОК), попадает на объект исследования (ОИ), установленный на опорно-поворотном устройстве (ОПУ). Затем в приемном блоке (ПБ) сигнал от ОИ попадает в блок питания и обработки данных (БПОД), после которого передается на блок питания и связи (БПС).

Выбраны основные элементы схемы:

- источник излучения – зеленый светодиод BL-L324PGC с максимумом интенсивности излучения на длине волны 525 нм;
- двухлинзовый объектив коллиматора с D/f’ = 1:3 и f’ = 100 мм;
- опорно-поворотное устройство – моторизированная циркулярная подвижка Standa 8MR190-2-28 с выборкой мертвого хода.

На основе габаритного расчета разработана оптическая принципиальная схема стенда.

Выполнен проверочный энергетический расчет. Величина светового потока на сенсоре равна 2,3 х 10^{-6} лм, что не выходит за пределы динамического диапазона

кремниевого фотоумножителя SensL ArrayC-60035-4P, выбранного для исследования в составе приемного блока.

Разработана схема электрическая соединений стенда (рис. 2). Источник излучения, светодиод BL-L324PGC, подключен к БПС. Тем самым обеспечивается управление питанием светодиода. Подается напряжение 5 В.

Посредством БПС с компьютера осуществляется управление циркулярной подвижкой Standa 8MR190-2-28.

Питание исследуемого приемника оптического излучения осуществляется от БПС через блок питания и обработки данных (БПОД).

Полезный сигнал от SiФЭУ проходит предварительную обработку на БПОД и затем через БПС поступает на персональный компьютер, где осуществляется его конечная обработка и представление данных на мониторе.

Стоит отметить, что принцип работы кремниевого фотоумножителя в нормальном режиме заключается в том, что сигналы со всех четырех площадок суммируются, образуя на выходе один аналоговый сигнал в режиме реального времени. В данном же стенде используется плата, позволяющая снимать показания с каждой из четырех площадок по отдельности, благодаря чему есть возможность сравнивать чувствительность каждой из фоточувствительных областей.

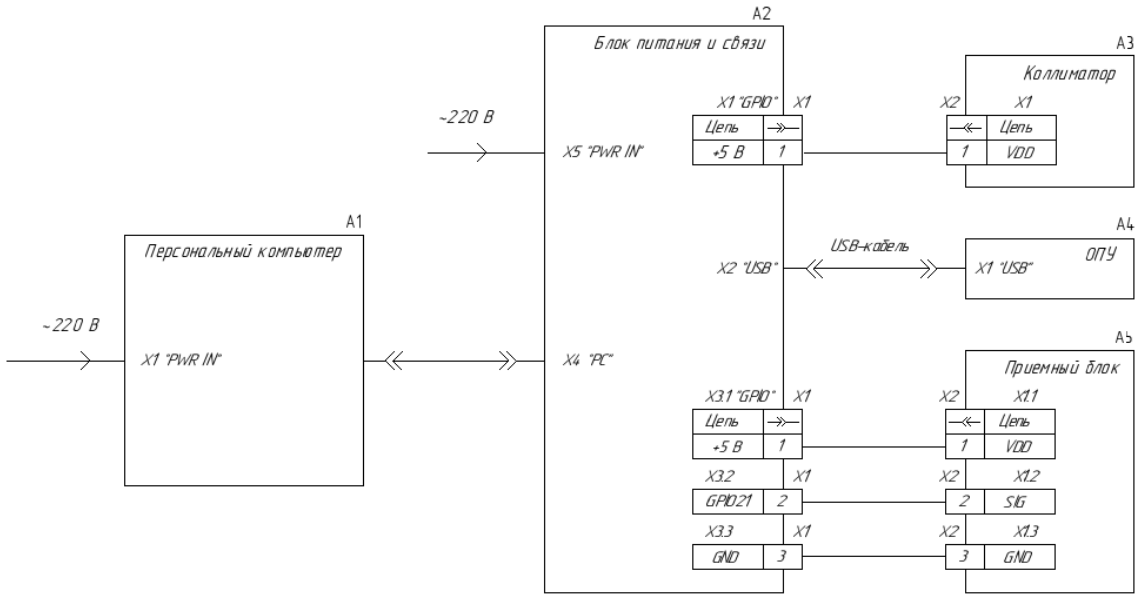


Рис. 2. Схема электрическая соединений стенда

На основе разработанной методики проведены экспериментальные исследования апертурных характеристик кремниевого фотоумножителя SensL ArrayC-60035-4P.

Для исследования апертурной характеристики кремниевого фотоумножителя было проведено 10 серий измерений. Угол поворота изменялся от -90° до +90° с шагом 1°. Измерения проводились в двух взаимно перпендикулярных плоскостях SiФЭУ. Сигнал при этом снимался с каждой чувствительной площадки отдельно.

На (рис. 3) показаны апертурные характеристики для каждой из четырех площадок при повороте в вертикальной плоскости.

По итогам эксперимента можно сказать, что апертурная чувствительность твердотельного фотоумножителя составляет 40˚. Также выявлена неравномерность апертурной чувствительности площадок SiФЭУ, которая достигает 25% от средней по поверхности.

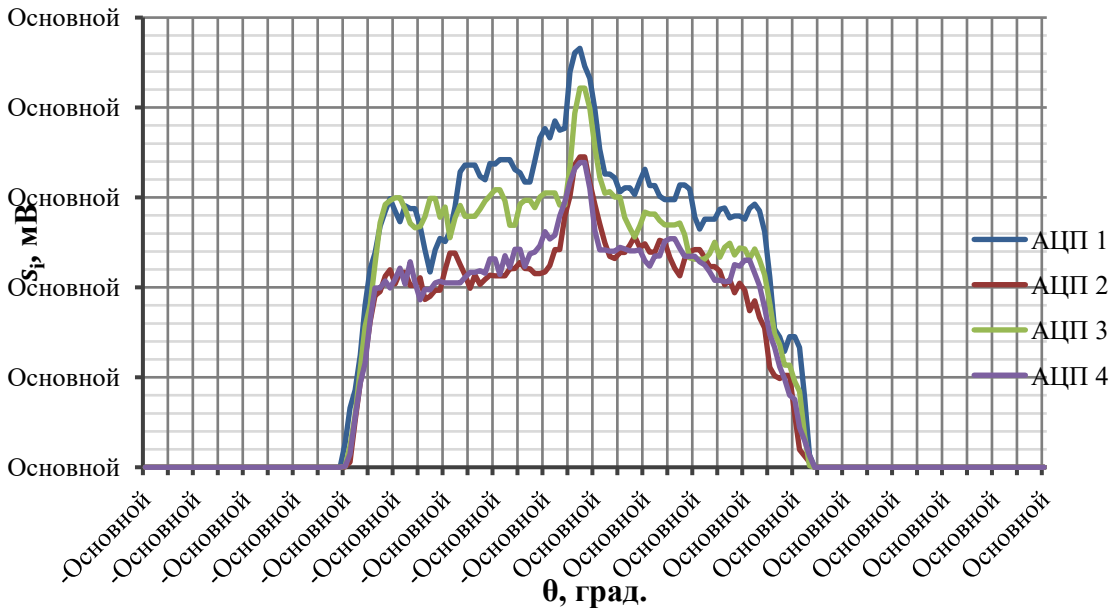


Рис. 3. Апертурные характеристики ФЭУ $\bar{p}_i(\theta)$ для $i = 1,\ldots,4$ в вертикальной плоскости

Дополнительно были проведены исследования динамического диапазона и спектральных характеристик.

Разработанная конструкция лабораторного стенда (рис. 4) позволяет исследовать такие параметры и характеристики кремниевых фотоумножителей как апертурная чувствительность, динамический диапазон. В основе конструкции – стандартный оптический стол, что позволяет заменять элементы схемы, тем самым делая стенд пригодным для комплексного исследования кремниевых фотоумножителей.

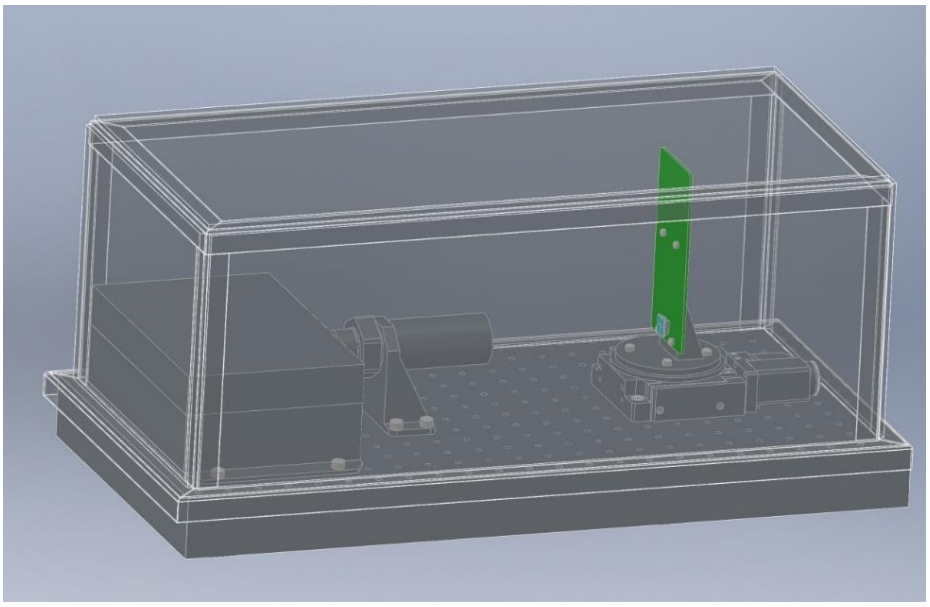


Рис. 4. Внешний вид стенда (кожух условно показан прозрачным)

На оптическом столе располагаются основные элементы: БПС, коллиматор и приемный блок, состоящий из ОПУ, БПОД и ОИ. Вся конструкция закрывается кожухом, препятствующим попаданию света.

Проведено маркетинговое исследование рынка, в том числе SWOT-анализ российских компаний-производителей SiФЭУ, показавший, что рынок кремниевых

фотоумножителей в России обладает высоким потенциалом роста. Формируется благоприятная ситуация для развития инноваций в России, что делает данный проект привлекательным для инвестиций.

Произведена оценка экономической эффективности инновации. Положительное значение чистого дисконтированного дохода (NPV) для проекта за 3 года свидетельствует об экономической эффективности инвестиций в данный проект. Период окупаемости проекта – 2 года.

Научная новизна разработки заключается в том, что в отличие от известных ранее аппаратно-технических решений для исследований кремниевых фотоумножителей, разработанный стенд позволяет снимать электрический сигнал не только со всей активной области приемника, но и с каждой чувствительной площадки в отдельности, что позволяет исследовать влияние геометрического фактора, обусловленного неравномерностью распределения чувствительности по поверхностям матричного приемника, на его оптические и электрические характеристики.

Выявленная неравномерность апертурной чувствительности площадок SiФЭУ, равная 25% от средней по поверхности, должна учитываться при моделировании распределения потока излучения в различных вариантах стыковки кристалла сцинтиллятора и матрицы приемника.

Практическая значимость разработки заключается в том, что разработанный измерительный стенд можно использовать как для комплексного исследования параметров и характеристик кремниевых фотоумножителей в рамках организации лабораторного практикума по новому направлению деятельности кафедры, так и для коммерческой реализации. Данный проект является привлекательным для инвестиций. Это объясняется положительным значением чистого дисконтированного дохода (NPV) и быстрым сроком окупаемости (PP) в 2 года.

Литература

1. Бердникова А.К. Сцинтилляционный гамма-зонд для радионуклидной диагностики в ядерной медицине, 2016. – [Электронный ресурс]: docme URL: https://www.docme.ru/doc/1415926/scintillyacionnyj-gamma-zond-dlya-radionuklidnoj-diagnostik... (дата обращения 26.01.2018)
2. Полещук Р.В. Разработка фотонных методов для экспериментального комплекса Центра подземной физики CUPP. – Москва, 2015
3. SensL, " SPM Matrix Silicon Photomultiplier Large Array Detector and Readout Electronics". [Online]. Available: www.sensl.com. [дата обращения 26.01.2018]



Копылова Татьяна Александровна
Год рождения: 1995
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: tanyska_as@mail.ru

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ДЕСЕРТА С ФИТОКОМПОНЕНТАМИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Т.А. Копылова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

На сегодняшний день всё большая часть людей начинает корректировать питание для улучшения и поддержания своего здоровья. В пищевой индустрии отмечается инновационный прорыв в связи с разработкой функционального питания. Всё чаще появляются продукты, сочетающие в себе молочное и растительное сырьё. Это довольно важная составляющая производства, которая способствует переработке и полному использованию сырьевых ресурсов, сокращая потери и отходы предприятия [1].

В данной работе разрабатывали молочный десерт по типу пудинга. Маркетинговый анализ показал, что в настоящее время пудинги на прилавках встречаются крайне редко, тем более обладающие функциональными свойствами. Выпуск десертов с улучшенными потребительскими свойствами – перспективное направление, которое позволит расширить линейку молочной продукции.

Цель: Разработка состава и технологии десерта с фитокомпонентами на основе молочной сыворотки.

Для решения поставленной цели ставились следующие задачи:

- провести анализ литературных источников по заданной теме;
- исследовать физико-химические показатели сыворотки;
- обосновать выбор и дозу внесения компонентов;
- разработать рецептуру продукта;
- разработать технологию получения десерта;
- исследовать органолептические и физико – химические показатели продукта.

Исследования проводились на кафедре ПБ Университета ИТМО в многократной повторности.

Основным компонентом продукта была выбрана подсырная сыворотка. Молочная сыворотка является натуральным продуктом, который можно потреблять ежедневно. В состав сыворотки входит лактоза. Лактоза ценна для организма тем, что является хорошим субстратом для развития бифидобактерий и лактобацилл [2, 3].

В качестве растительных компонентов были выбраны 4 вида муки: овсяная, амарантовая, кукурузная и арахисовая. Первоначально исследование было направлено на определение влагоудерживающей способности муки разных видов.

Исследование показало, что лучшей влагоудерживающей способностью обладали арахисовая и кукурузная мука.

Для определения дозы внесения муки в десерт была выбрана арахисовая мука. На десерте с арахисовой мукой была отработана доза внесения муки в количестве 5% и 10% от массы десерта. Для этого образцы готовили следующим образом: в сыворотку вносились подогретые сливки, далее сахар смешивали со стабилизатором и вносили в смесь, добавляли арахисовую муку в количестве 5% и 10%. Смесь пастеризовали при температуре 80±5°С. Охлаждали до температуры внесения закваски 40°С. Далее десерт сквашивался в термостате в течение 5 часов.

Исследование показало, что при внесении муки в количестве 10% от массы десерта консистенция слишком густая, а также происходит увеличение титруемой кислотности. Дальнейшие исследования проводились с концентрацией муки 5% от массы десерта.

Для придания десерту нужной консистенции подбирали вид и дозу стабилизатора. Первоначально в качестве стабилизаторов были выбраны: агар, желатин и пектин. С данными стабилизаторами проводили исследования, которые показали, что десерты с желатином и агаром имеют плотную структуру, тогда как десерт с применением пектина имеет более нежную и мягкую структуру. В качестве стабилизатора был выбран пектин. Начальной точкой была взята концентрация пектина 0,4% от массы десерта.

Чтобы достичь требуемой консистенции вносили пектин с шагом 0,1 в следующих количествах:

- от 0,4 до 0,6% для амарантовой муки. Лучший результат показал десерт с концентрацией пектина 0,5%;
- от 0,4 до 0,5% для овсяной муки. Лучший результат – 0,4%;
- от 0,4 до 0,6% для кукурузной муки. Лучший результат – 0,6%;
- от 0,4 до 0,8 % для арахисовой муки. Лучший результат показал десерт с концентрацией пектина 0,7 %.

Проводили процесс сквашивания с закваской «Скваска» и разными видами муки, а также с закваской CBL 1. Определяли титруемую кислотность в начале и через каждый час сквашивания. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования процесса свашивания

Продолжительность сквашивания, ч	Десерт с кукурузной мукой		Десерт с овсяной мукой		Десерт с арахисовой мукой		Десерт с амарантовой мукой	
	Скваска	CBL 1	Скваска	CBL1	Скваска	CBL 1	Скваска	CBL 1
	Титруемая кислотность, °Т							
0	14	14	16	16	16	16	14	14
1	18	20	24	18	20	18	18	22
2	28	24	28	20	26	38	26	24
3	30	40	30	26	40	42	28	30
4	34	41	34	30	44	46	38	32
5	34	46	35	32	44	50	38	34

Для исследования процесса сквашивания десерта были выбраны 2 вида заквасок:

– Закваска для йогурта «Скваска», ТУ 9229-006-90682813-15. Содержит:

Streptococcus thermophillus и Lactobacillus bulgaricus. Не требует предварительной подготовки.

- Закваска для йогурта CBL 1, производство "Marino s.r.l." Via Nazionale, Appia, Италия. Содержит: Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus. Требуется предварительная подготовка.

Исследование выявило, что отклонения кислотности у двух типов заквасок незначительно. Однако закваска «Скваска» удобна тем, что вносится в сухом виде, предварительная подготовка не нужна. Закваска CBL 1 требует предварительной подготовки.

В процессе сквашивания оценивали консистенцию и вкусовые качества десертов с амарантовой, арахисовой, кукурузной и овсяной мукой. Было установлено, что десерты с амарантовой и арахисовой мукой обладают требуемой консистенцией, а также приятны на вкус. Образец десерта с овсяной мукой обладал излишне густой консистенцией, при этом запах и вкус овсяной муки преобладал над молочным. Вкусовые качества десерта с кукурузной мукой также были не приемлемы. Таким образом, в результате проведённых исследований, было принято решение о разработке десертов с амарантовой и арахисовой мукой.

После процесса сквашивания образцы десертов с амарантовой и арахисовой мукой отправляли в холодильник для загустевания при температуре от + 2°С до 6°С. На следующий день проводилась органолептическая оценка образцов десертов. Органолептическая оценка проводилась группой, состоящей из 4 экспертов в соответствии со шкалой, представленной в табл. 2. Оценивались: внешний вид, цвет, вкус, запах и консистенция (рис. 1).

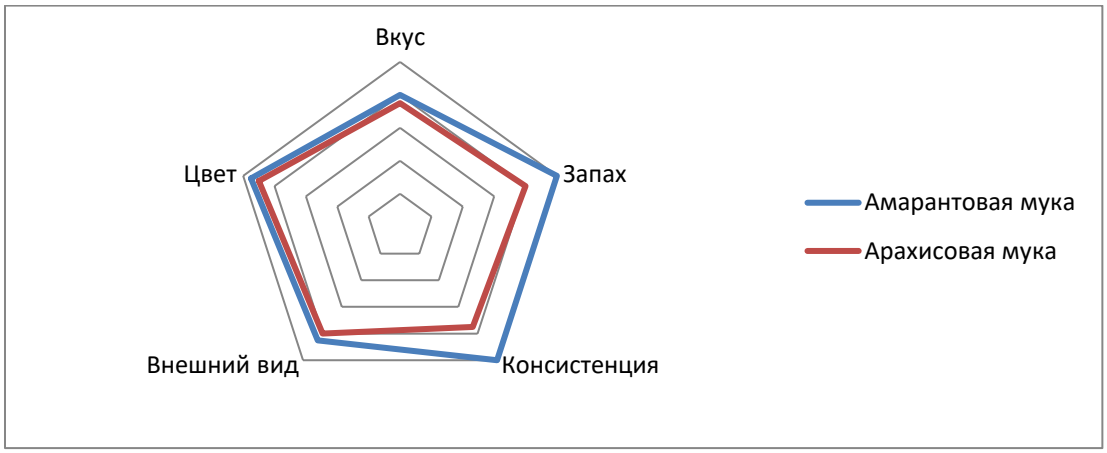


Рис. 1. Профилограмма образцов десертов с арахисовой и амарантовой мукой

Результаты дегустационной оценки образцов десертов с арахисовой и амарантовой мукой показали достаточно высокие результаты. Образец с амарантовой мукой лидировал по запаху и консистенции.

В работе было исследовано влияние ягодного наполнителя на вкусовые качества десертов. Пюре из ягод черники вносили в образцы с амарантовой и с арахисовой мукой после сквашивания при температуре 37±2°С, перемешивали в течение 10 минут. Отрабатывалась разная концентрация внесения черничного пюре -5% и 10%. При внесении черничного пюре в количестве 10% наблюдалось отделение сыворотки, также ухудшалась органолептическая характеристика. Остановились на концентрации 5%.

Пюре черники вносили в образцы с амарантовой и арахисовой мукой. Оценивали: цвет, вкус, консистенцию, запах и внешний вид. Результаты представлены на рис. 2.

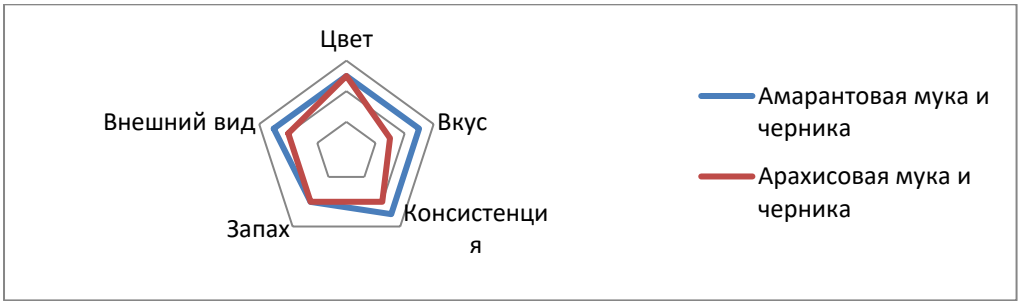


Рис. 2. Профилограмма образцов с черничным пюре

В результате дегустационной оценки было выявлено, что ягоды черники лучше сочетаются с амарантовой мукой.

На основании проведённых исследований, можно предложить следующую линейку молочных десертов, которые обладают высокими потребительскими свойствами: десерт с амарантовой мукой, десерт с арахисовой мукой, десерт с амарантовой мукой и черникой.

Таблица 2

Рецептура молочных десертов (без учёта потерь) представлена в таблице 2

Наименование ингредиента	Норма расхода, кг		
№	Десерт с амарантовой мукой	Десерт с арахисовой мукой	Десерт с амарантовой мукой и черникой
Молочная сыворотка, ГОСТ Р 53438- 2009	685	683	655
Сливки, ГОСТ Р 53435-2009	200	200	180
Сахар, ГОСТ 33222-2015	30	30	30
Пектин, ГОСТ 29186-91	5	7	5
Амарантовая мука, ТУ 9146-023-70834238-11	50	–	50
Арахисовая мука, ТУ 9141-042-708342-14	–	50	–
Черника, ГОСТ Р 54696-2011	–	–	50
Закваска, ТУ 9229-006-90682813-15	30	30	30
Итого:	1000	1000	1000

Порцией молочного десерта было принято значение 230 грамм. Исходя из данных порции, был произведён расчёт биологической ценности витаминной и минеральной составляющей десертов с амарантовой мукой, с арахисовой мукой и с амарантовой мукой и черникой.

Расчёт витаминной и минеральной составляющей показал, что десерты с амарантовой мукой, с арахисовой мукой и с амарантовой мукой и черникой

обеспечивают 15 % дневную норму потребления следующих компонентов: марганца -, меди, кальция, магния, фосфора, витамина B_5, витамина B_{12}, витамина B_2, витамина РР, витамина B_5. Это переводит их в разряд функциональных продуктов питания. Данные виды десертов можно рекомендовать всем группам населения в качестве профилактического питания.

Литература

1. Копылова Т.А., Сучкова Е.П. использование амарантовой муки в качестве составляющей молочного десерта // Сборник тезисов докладов конгресса молодых учёных. Электронное издание [Электронный ресурс].
2. Оноприйко А.В., Храмцов А.Г., Оноприйко В.А./ Технология молочных продуктов мини производств, Издательство «Март», Ростов-на-Дону, 2004 год. – 411 с.
3. Волкова Т.А. Перспективные направления переработки молочной сыворотки/ Т.А. Волкова, Ю.Я. Свириденко// Молоко, сыр, масло: традиции и инновации: Международная молочная неделя (Углич, 15 – 19 июня 2015 г.). – Углич, 2015. – с. 123 – 126.



Кораханов Тимур Ботирович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра мехатроники,
группа № р4225
Направление подготовки: № 15.04.06 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: korahanoff@mail.ru

УДК 621.8.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ МУСКУЛЬНОЙ СИЛЫ ЧЕЛОВЕКА

Т.Б. Кораханов
Научный руководитель - к.т.н., доцент П.П. Коваленко

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность».

Экзоскелеты являются одним из наиболее перспективных технологий биомехатронники. Данная технология представляет собой мехатронную систему в виде внешнего каркаса человека, предназначенного для увеличения мускульной силы человека [1]. Последние 20 лет различные исследовательские учреждения вели исследования в данной области. Berkeley Bionics и Argo Medical Technologies разработали eLEGS и Rewalk соответственно, которые позволяют стоять и ходить при параплегии. Для нужд военных Калифорнийский университет в Беркли разработал Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX). Представленные выше образцы являются активными экзоскелетами, каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, но их объединяет общая проблема, которая не позволяет широко использовать подобные конструкции, в настоящий момент отсутствует подходящий источник питания, позволяющий долгое время автономно работать активным экзоскелетам [2].

В создании экзоскелетов существует альтернативный путь развития, это пассивные экзоскелеты. Пассивные экзоскелеты в качестве источника энергии используется перераспределение кинетической энергии и остаточной силы человека, посредством подвижной и адаптированной системы поддерживающих соединений, которая устанавливается на активные суставы и мышцы. Их главным преимуществом являются то, что они не зависят от источников внешнего питания, а их недостатками являются невозможность использования при отсутствии остаточной силы мышц и сложность в создании больших вспомогательных усилий [3].

В ходе работы была разработана конструкция экзоскелета имеющая как активные, так и пассивные элементы, подобный подход позволяет повысить автономность устройства и сохранить достоинства активных экзоскелетов.

Целью работы являлась разработка мехатронной системы, предназначенной для увеличения мускульной силы человека (3D-модель разрабатываемой мехатронной системы представлена на (рис.1).

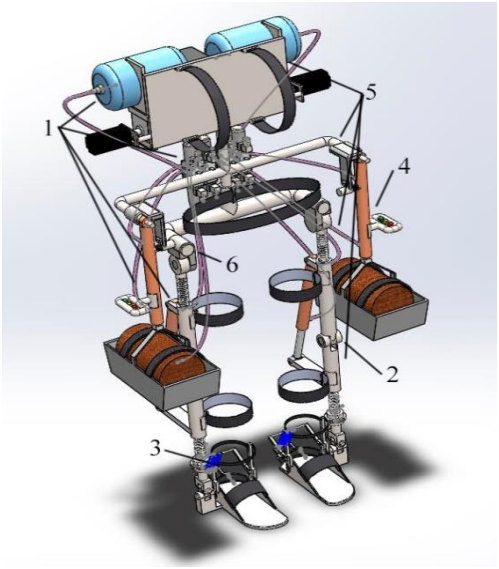


Рис. 1. 3D-модель разрабатываемой мехатронной системы (экзоскелета) (Вид №1)

Назначение экзоскелета:

Помощь спасателям при разборе завалов для ликвидации последствий ЧС. После различных ЧС техногенного и природного характера, в случаях, когда доступ тяжелой техники к местности, где требуется помощь спасателей, может быть затруднена, в подобной ситуации спасателям может быть необходима помощь в переноске тяжелых грузов.

Требования, предъявляемые к мехатронной системе:

Грузоподъёмность	30 кг
Диапазон рабочих температур	от -20° до 60°;
Автономность от одной зарядки	1,5 часа

Возможность регулировки устройства под параметры пользователя.

Разработанный экзоскелет имеет квазиантропоморфную конструкцию, оси вращения соединений каркаса экзоскелета согласованы с осью суставов человека, данная конструкция кинематический подобна ноге человека, но имеет меньше степеней свободы, так как некоторые степени свободы, которые есть в ноге человека, в конструкции не учитываются. Экзоскелет имеет только одно активное соединения в коленном суставе, приводимое в действие линейным гидроприводом и пассивный упругий элемент в голеностопном суставе. Максимальные углы поворота в суставах конечностей больше чем обычно при передвижении, но меньше, чем максимальные угля поворота в суставах ноги человека. Кроме помощи нижним конечностям в совершении механической работы, конструкция разгружает опорно-двигательный аппарат человека. Подобный экзоскелет может применяться в ситуациях, когда есть необходимость в перемещении грузов по пересеченной местности.

Основными элементами экзоскелета являются:

1. гидросистема,
2. активное соединение коленного сустава,
3. гибкое пассивное соединение голеностопного сустава,
4. подъемное устройство,
5. каркас для разгрузки опорно-двигательного аппарата,
6. демпфер.

В гидросистему экзоскелета входят два комплекта гидроцилиндров (два гидроцилиндра в коленном суставе и два гидроцилиндра подъёмного механизма), они поочередно питаются от одного набора насосов. В процессе переноски груза насосы

питают гидроцилиндры коленного сустава. При загрузке экзоскелета ноги экзоскелета сгибаются на 45° в коленном суставе и на 45° в голеностопном суставе, после чего насосы переключаются на питание гидроцилиндров подъемного механизма. Подъемный гидроцилиндр опускает свой шток с креплениями для груза к полу, следующим этапом происходит присоединение груза к креплениям. После поднятия груза подъемным механизмом насосы переключаются на питание гидроцилиндров коленного сустава экзоскелета.

В ходе работы было проведено статическое исследование 2 различных марок алюминия (Д-1, В-95) и 2 различных марок титана (ВТ-1, ВТ-14), для выбора материала каркаса. Основными критерием выбора данных материалов являлись их прочность и легкость. Расчет производился в программе SolidWorks с использованием дополнения SolidWorks simulation. Результаты показали, что все материалы обеспечивают необходимую прочность, но алюминий д-1 имеет наименьшую цену, в связи с чем в качестве материала для каркаса выбран данный сплав.

Также был проведен прочностной расчет шарнирного соединения голеностопного сустава, так как на него воздействует полный вес экзоскелета и груза, что делает голеностоп критической точкой конструкции. Расчет показал, что при выбранных материалах экзоскелета (палец – сталь марки Ст 45, проушина –алюминий Д1) шарнирное соединение имеет необходимую прочность.

Для обеспечения работы экзоскелета была выбрана схема гидросистемы представленная на (рис. 2). Для питания гидроцилиндра коленного сустава и подъемного устройства используется один насос, гидроцилиндры не используются вместе в один момент времени, работает или гидроцилиндр в коленном суставе, или гидроцилиндр в подъемном устройстве, данное решение позволяет повысить энергоэффективность конструкции.Необходимы две подобные гидросистемы для обеспечения работы левой и правой части экзоскелета.

Для обеспечения требуемых характеристик гидропривода (максимальное усилие F=600 Н, скорость штока с= 0,4 м/с, номинальное давление $P_n = 1$Мпа) были произведены расчеты, позволяющие выбрать элементы гидросистемы. На основе полученных результатов были выбраны следующие комплектующие:

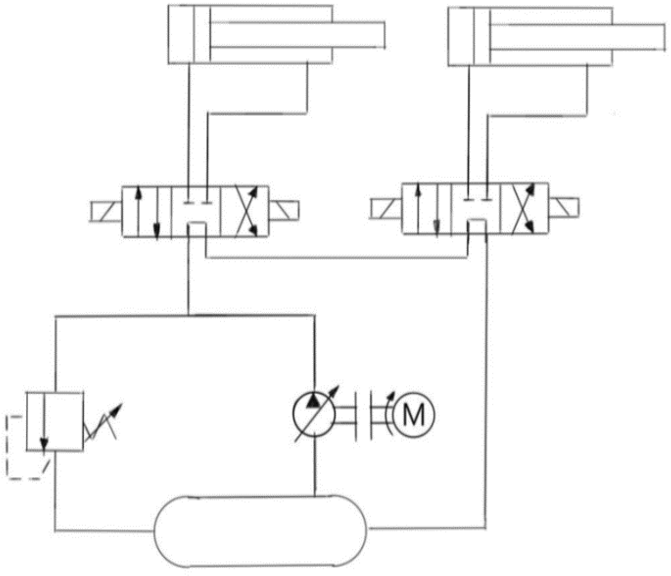


Рис. 2. Структурная схема гидропривода

Гидронасос фирмы SAUER DANFOSS 520L0568 второй группы SNP2NN размера 014 с рабочим объемом насоса =14.4 см3/об;

Шаговый двигатель фирмы G-PENNY MACHINE мощностью 400 Вт 57HS11230A4D8;

Четыре трехфазных гидрораспределителя с электромагнитным управлением фирмы «Пневмоюг»;

Используя параметры выбранных элементов гидропривода, было проведено моделирование гидросистемы в Simulink MatLab. Была рассмотрена реакция гидросистемы на переключении позиций гидрораспределителей, в частности исследовалось перемещение штоков гидроприводов коленного сустава и подъемного устройства, а также усилия, создаваемые данными штоками. Дополнительно исследовалось влияние угловой скорости двигателей насоса на развиваемые усилия гидроцилиндров. Результаты показали, что гидросистема удовлетворяет требуемым характеристикам.

Предполагается, что информацию о движении ног в пространстве, система будет получать от восьми инерциальных датчиков положения, по 4 датчика на каждую ногу. В качестве инерциальных датчиков положения выбраны МЭМС модуль производителя ST Microelectronics LSM330TR, представляющий собой 6-осевую систему в корпусе с 3D-акселерометром и 3D-цифровым гироскопом.

Информация о перемещении штока цилиндра система будет получать от датчика линейного перемещения фирмы Temposonics M-серии.

В качестве элемента питания был выбран li-pol аккумулятор напряжением 3,75 В и емкостью 10 Ач. Для питания двигателя необходимо, чтобы источник питания обеспечивал напряжение 36 В, десять выбранных элементов соединённых последовательно обеспечат нужное напряжение. Ток, потребляемый двигателями, равен 11 А, три сборки (10 элементов, соединённых последовательно), которые соединены параллельно обеспечат необходимый ток и емкость в 30 Ач и 2.7 часа автономной работы одного двигателя. Для питания двух двигателей нужно две подобные сборки. Общее количество элементов равно 60, их совместные размеры равны 300x130x113 мм, а общий вес 8.3 кг.

Энергоэффективная конструкция голеностопного сустава экзоскелета разработана, чтобы усилить функцию ахиллова сухожилия и связок голеностопного сустава, экзоскелет пассивно поддерживают крутящий момент голеностопного сустава, при помощи блока из трех пружин [4]. В начальный момент шага блок пружин растягивается, тем самым запасая энергию и в момент отрыва стопы от земли, пружины сжимаются, помогая мышцам оператора.

Активное соединение коленного сустава представляет собой кинематическую пару V-класса. В движение приводиться линейным гидроприводом. Крепление штока гидроцилиндра вынесено дальше, чем крепление самого гидроцилиндра, что позволяет поднимать груз с меньшим усилием на штоке гидроцилиндра.

В ходе работы была разработана конструкция активного экзоскелета, включающая коленные суставы с гидравлическим приводом и энергоэффективные голеностопные суставы с пассивными гибкими элементами. На основе произведенных расчетов и моделирования разработана схема гидропривода устройства, осуществлен выбор компонентов гидросистемы, позволяющих получить требуемые характеристики. Выбрана система датчиков, позволяющая отслеживать текущее положение нижних конечностей оператора для получения обратной связи с целью повышения качества управления устройством. Произведены серии симуляций в дополнении simulation к среде Solidworks с целью проведения статических исследований деталей при применении различных материалов, на данном основании был выбран материал каркаса экзоскелета.

Дальнейшим направлением работы является разработка системы управления экзоскелета (разработка алгоритма управления, фильтрация нежелательных движений, выбор элементов системы управления, оценка быстродействия системы).

Литература

1. Яцун С.Ф. Разработка биоинженерного мехатронного модуля для экзоскелета нижних конечностей человека / С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын; журнал: Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012, том 14, №4 (5), с. 1351–1354.
2. Ромнов И.Д. Развитие и современное состояние экзоскелетов / И.Д. Ромнов, Е.А. Чернышов, Е.А. Романова ; Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015, выпуск №9, с. 243–247.
3. Воробьев А. А. Терминология и классификация экзоскелетов / А. А. Воробьев, Ф. А. Андрющенко, О. А. Засыпкина, И. О. Соловьева, П. С. Кривоножкина, А. М. Поздняков; Вестник ВолгГМУ, 2015, выпуск №3 (55), с. 71–75.
4. Kim, S. Design of a simple, lightweight, passive-elastic ankle exoskeleton supporting ankle joint stiffness. [Электронный ресурс] / Kim, S., Son, Y., Choi, S., Ham, S., and Park, C. Режим доступа – своб.: https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4930561



Корытова Виктория Евгеньевна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента,
кафедра маркетинга и коммуникаций,
группа № 4267
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: victory1994@ya.ru

УДК 339.138

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНСАЙТОВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТОВАРОВ

В.Е. Корытова
Научный руководитель – д.э.н., профессор А.Г. Будрин

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В условиях постоянно растущей рыночной конкуренции тема создания прочной эмоционально-ассоциативной связи бренда с потребителями становится все более актуальной не только для компаний, предлагающих традиционные товары и услуги, но и для инновационных компаний, спрос на продукцию которых еще не сформирован. Нетрадиционным подходом к исследованию глубинных мотивов потребителей является выявление потребительского инсайта, позволяющего сформировать такое позиционирование бренда, которое способно вызывать яркие ассоциации и соответствующий эмоциональный отклик у целевой аудитории. Такая эмоциональная связь помогает создавать и поддерживать лояльность потребителей, кроме этого, бренд, построенный на инсайте, обладает особенностями, которые сложно скопировать конкурирующим компаниям.

Изучением потребительских инсайтов занимаются авторы: Зальтман Дж., Круговая Е., Даллакян А., Овчинникова М., институт «Buyer Persona», лаборатория «Wonderfull» и др. Тем не менее проблематика исследования и использования потребительских инсайтов, относящихся к инновационным товарам, мало изучена специалистами. Выявлено наличие большого количества обозначений потребительского инсайта недостаточно полного истолкования, отсутствие понятия позиционирования инновационного товара с учётом исследования потребительского инсайта, отсутствие устоявшейся классификации потребительских инсайтов, в чем заключается научная актуальность работы.

Прикладной актуальностью работы является отсутствие методологии исследования инсайтов потребителей с учетом специфики инновационных товаров и формирования соответствующего позиционирования.

Цель работы заключается в разработке метода исследования потребительских инсайтов с учетом специфики формирования позиционирования инновационных товаров. Полученные результаты работы исходят из поставленных задач:

1. Уточнение понятий потребительский инсайт, инсайт потребителей инновационных товаров, позиционирование инновационного товара.

2. Исследование и разработка классификации потребительских инсайтов.
3. Анализ существующих методов исследования потребителей и потребительских инсайтов.
4. Разработка метода исследования потребительских инсайтов с учетом специфики формирование позиционирования инновационных товаров.
5. Апробация предложенного метода исследования потребительских инсайтов на объектах, предлагающих различные виды инноваций

Проведено исследование понятия «инсайт» с психологической и маркетинговой точки зрения. В ходе анализа было выявлено отсутствие рассмотрения понятия эмпатии, применение которой является немаловажным в ходе выявления инсайта [1 – 2]. Предложено уточнение термина с учетом данного понятия:

Потребительский инсайт – один из множества неосознанных глубинных мотивов потребления, выявленный с применением эмпатии по субъективному мнению эксперта как наиболее релевантный и имеющий наибольший потенциал для формирования позиционирования и разработки рекламной кампании бренда с целью проявления необходимого эмоционального отклика у потребителей.

Одним из актуальных направлений является выявление инсайта потребителей инновационного товара. Предложено авторское определение данного понятия, учитывающее как применение эмпатии, так и специфику скрытой потребности в инновационных товарах, которая не затрагивалась другими авторами:

Инсайт потребителей инновационных товаров – один из множества неосознанных глубинных мотивов потребления инновационного товара, выделенный с применением эмпатии по субъективному мнению эксперта для того, чтобы «раскрыть» не выявленную ранее потребность, помогая потенциальным потребителям преодолеть барьер восприятия выгоды от приобретения инновационного товара, и имеющий наибольший потенциал для формирования позиционирования и разработки рекламной кампании бренда с целью проявления соответствующего эмоционального отклика у потребителей.

Исследование терминологии позиционирования показало отсутствие рассмотрения данного понятия с точки зрения исследования потребительского инсайта. Предложенное определение «позиционирование инновационного товара» учитывает выявление инсайта, как одного из условий для формирования позиционирования инновационного товара.

Исследование научной литературы по типологии стратегии позиционирования, типологии инноваций и типологии потребителей показало наличие различных подходов к их классификации, имеющих существенную научную и практическую значимость и не требующих доработки.

Исследование специальной литературы по инсайтам показало, что, несмотря на разнообразие типов потребительских инсайтов, не существует их устоявшейся типологии с научной точки зрения. На основе результатов традиционного анализа данных и экспертного интервью была выявлена необходимость в разработке полноценной классификации потребительских инсайтов. В табл. 1 представлена обобщенная классификация потребительских инсайтов.

Разработанная авторская классификация компенсирует отсутствие целостной типологии, которая ранее не рассматривалась с научной точки зрения, а также позволяет определять вид потребительского инсайта по различным признакам, что может быть полезным при выявлении инсайтов и формировании на их основе позиционирования товаров.

Таблица 1

Классификация потребительских инсайтов

Признаки	Критерии
Тип инсайта	По предмету формирования
	По направлению
	По инновационности предложения
Метод выявления	По методу умозаключения (познания)
	По способу формулировки
	По уровню (глубине)
	По виду исследования
Тип потребителей и их поведения	По аспекту поведения потребителей
	По ориентации на теорию поколений
	По ценностной ориентации
	По сфере рынка
	По скорости принятия продукта

Анализ существующих методов исследования потребителей (карта эмпатии, метод лестницы, метаморфная модель «ZMET», «Five Rings of Insights», «Архитектура принятия решений» и др.) и их особенностей показал наличие актуальности в разработке предложений по развитию существующих методов выявления потребительских инсайтов с учетом специфики формирования позиционирования инновационных товаров [3].

Был предложен алгоритм формирования позиционирования, адаптированный под учет инновационности товарного предложения и исследование глубинных мотивов потребителей. Объяснение целей основных этапов и используемых на данных этапах методов и моделей представлено в табл. 2.

Таблица 2

Основные этапы алгоритма и объяснение их целей

Этап	Цели этапа	Методы и модели
Анализ инновационности предложения	1. Выявить инновационность предложения, удовлетворяется ли существующая потребность. 2. Выбрать акцент при формировании позиционирования (поиск свободной ниши / преодоление барьера / раскрытие не выявленной ранее потребности).	Оценка товара по классификации инноваций и др. Авторская модель «Фильтр инновационности предложения для выбора акцента в позиционировании»
Анализ конкурентов	1. Определить объект анализа: конкуренты/субституты. 2. Анализ позиционирования и коммуникационного сообщения конкурентов/субститутов.	Карта позиционирования, Метод «реестра» и др.
Анализ целевой аудитории	1. Определить тип потребителей, особенности поведения. 2. Провести исследования глубинных мотивов потребителей исходя из вида инновационного предложения.	Авторская модель «Релевантность метода исследования инсайта по отношению к виду инновационного предложения»

Этап	Цели этапа	Методы и модели
Определение потребительского инсайта	1. Формулировка инсайта. 2. Оценить вероятность того, что выявленный глубинный мотив является инсайтом. 3. Определить тип инсайта по ценностной ориентации	Существующие методы выявления инсайта Авторская модель «Глубинный мотив – Потребительский инсайт»
Формирование позиционирования	1. Сопоставить акцент в позиционировании с типом инсайта, учитывая уровень рациональности и эгоистичности. 2. Сформировать представление о позиционировании исходя из выбранных на ориентационном поле параметров. 3. Сформировать позиционирование.	Существующие методы позиционирования Авторская модель «Ценностная ориентация инсайта – Коммуникационный посыл» и «Ориентационное поле позиционирования»

В рамках рассматриваемого алгоритма была разработана авторская модель «Фильтр инновационности предложения для выбора акцента в позиционировании», позволяющая выбрать акцент при формировании позиционирования исходя из комбинации типов инноваций по значимости, по основному виду и характеру удовлетворяемых потребностей [4].

Также разработана модель определения релевантности метода выявления инсайта по отношению к виду инновационного предложения, которая помогает в выборе наиболее подходящего метода исследования инсайтов. Разработана модель «Глубинный мотив – Потребительский инсайт», которая предполагает определение вероятности выявления истинного инсайта на основе трех критериев. Соответствие всем трем критериям показывает наибольшую вероятность того, что выявленный глубинный мотив является истинным инсайтом, а следовательно, имеет наибольший потенциал для формирования позиционирования, способного вызывать эмоциональный отклик у целевой аудитории.

Для формирования позиционирования разработана авторская модель «Ориентационное поле позиционирования», которая помогает сопоставить акцент в позиционировании с типом инсайта, беря в учет уровень рациональности и эгоистичности, а также сформировать представление о позиционировании исходя из выбранного на ориентационном поле коммуникационного посыла и остальных параметров. Вертикальная ось показывает взаимосвязь уровня рациональности и типа целевой аудитории по сфере рынка (например, глубинные мотивы потребителей B2C рынка наиболее эмоциональны, чем мотивы целевой аудитории рынка B2B), что наглядно дает понять, насколько эмоциональным или рациональным может быть позиционирование в зависимости от данных показателей. Горизонтальная ось показывает взаимосвязь уровня эгоистичности и типа ценностной ориентации инсайта (например, инсайты, ориентированные на заботу наименее эгоистичны, чем инсайты, ориентированные на амбиции или наслаждение), что дает ориентировочное наведение при формировании позиционирования. По самому полю распределены коммуникационные посылы, соответствующие определенным типам потребительского инсайта по ценностной ориентации. Данная визуальная расстановка параметров на поле поможет ориентироваться при формировании релевантного позиционирования, на основе которого будет разработана эффективная рекламная кампания.

Проведена апробация разработок на примере объектов, относящихся к разным видам инноваций по значимости и основному виду: сеть спортивных магазинов «Планета Спорт», занимающаяся реализацией outdoor-продукции, и кондитерское объединение «Любимый Край», выпускающее на рынок новый бренд печенья – «Овсяный завтрак».

Таким образом, цель работы достигнута, поставленные задачи – решены. Разработанный метод будет полезен для маркетологов рекламных агентств и маркетинговых отделов компаний-производителей при формировании позиционирования инновационных товаров и услуг. Правильно выявленный потребительский инсайт является основой успешного развития бренда компании, так как способствует формированию грамотного позиционирования инновационных товаров, что впоследствии поможет повысить эффективность их выведения на рынок и снизить затраты на разработку и реализацию рекламной кампании

Литература

1. Круговая Е. Г. Проблемы формирования инсайта // Мониторинг. 2015. №5 (129).
2. Овчаренко Е.Р. Педагогические условия развития эмпатии у детей дошкольного и младшего школьного возраста: Автореф. дис. на соис. учен, степени канд. пед. наук. Волгоград, 2003.
3. Романюха С. Метаморфная модель Зальтмана ZMET – история и суть методологии. – Журнал «Бизнес-психология» - 2010., с. 45–51.
4. Голдякова Т.В. Понятие и классификация инноваций // Российский внешнеэкономический вестник. 2006. №2.



Кутейникова Ксения Александровна
Год рождения: 1995
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: kut10@mail.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОКОУГОЛЬНЫХ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

К.А. Кутейникова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.В. Карпова

В настоящее время техническая эндоскопия широко используется для визуального осмотра труднодоступных светоизолированных мест и диагностики различных механизмов и оборудования. Технические эндоскопы применяются для контроля внутренних полостей различных объектов, контроля работоспособности сложных технических систем, таможенного и полицейского досмотра транспортных средств и грузов и т.д. Актуальность методики заключается в том, что она позволяет проводить визуальный неразрушающий контроль и измерение выявленных дефектов каких-либо установок, узлов и элементов конструкций без их разборки и демонтажа, что значительно облегчает техническое обслуживание и ремонт.

Целью данной работы являлась разработка комплекта оптических широкоугольных систем, построенных по принципам технической эндоскопии.

Оптические системы должны удовлетворять следующим условиям:

– видимое увеличение: $\Gamma = 0{,}2^{x}$;
– спектральный диапазон работы прибора: 480-760 нм (видимое излучение);
– дисторсия: не более 20%;
– угловые размеры пятен рассеяния не должны превышать: 3' для осевой точки, 7' для внеосевой точки;
– допустимо виньетирование до 50%.

Исходные характеристики систем:

Первая система с угловым полем $2\omega = 60°$, диаметром входного зрачка $D = 0{,}8$ мм, длиной не менее 160 мм, диаметром не более 15 мм.

Вторая система с угловым полем $2\omega = 50°$, диаметром входного зрачка $D = 0{,}5$ мм, длиной не менее 250 мм и диаметром не более 10 мм.

Третья система с угловым полем $2\omega = 50°$, диаметром входного зрачка $D = 0{,}8$ мм, длиной не менее 500 мм, диаметром не более 20 мм.

Расчет наблюдательных систем эндоскопов проводился по методу композиции оптических систем из поверхностей с особыми свойствами (методу профессора М.М. Русинова). Каждая из систем была рассчитана по общему принципу.

Рассмотрим синтез схемы наблюдательной системы эндоскопа на примере первой системы ($2\omega = 60°$, длина не менее 160 мм). Ход лучей в тонких компонентах показан на (рис. 1), оптическая схема системы (рис. 2). Синтез проводился относительно главного луча, согласно методу профессора М.М. Русинова.

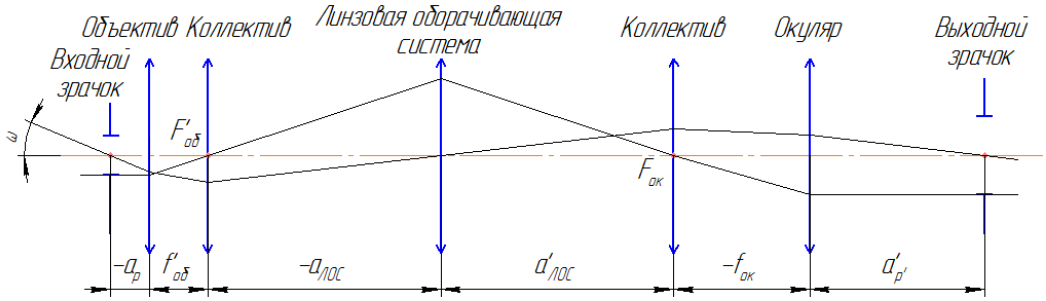


Рис. 1. Принцип работы оптической системы в тонких компонентах

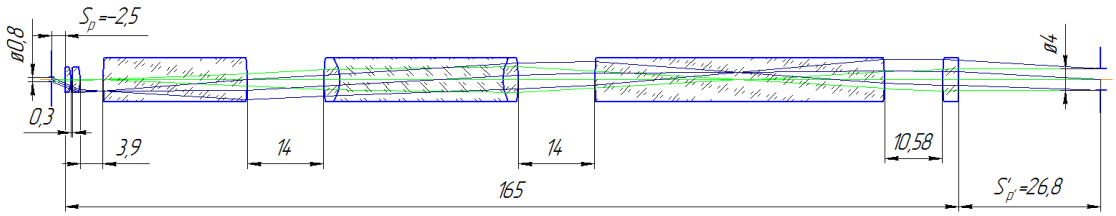


Рис. 2. Оптическая схема первой системы с ходом лучей

Имея в виду, что в силовой линзе объектива вынесен входной зрачок, можем использовать четыре вида поверхностей: а – апланатическую, к – концентричную зрачку, о – плоскую, кф – конфокальную. Если предмет находится на бесконечности, апланатическая поверхность вырождается в плоскую, также свободную от астигматизма и комы [1, 2].

Из возможных комбинаций между упомянутыми поверхностями наиболее подходит для поставленной задачи плоско-выпуклая линза Б(ок), являющаяся силовой линзой с вынесенным вперед входным зрачком. У этой линзы отсутствуют астигматизм и кома [3].

Целесообразно разложить требуемую оптическую силу на две силовые линзы, чтобы за счет величины фокусного расстояния добиться требуемого углового поля. В таком случае синтез базового компонента сведется к суммированию двух силовых линз Б(ок,ок). Вторая линза повторяет характеристики первой для устранения астигматизма и коррекции кривизны изображения [4].

Первый коллектив включается в расчетную схему объектива, так как располагается на небольшом расстоянии от объектива и представляет собой двояковыпуклую линзу с радиусами кривизны и толщиной, равными между собой. Вершина первой и центр второй поверхностей коллектива находятся в задней фокальной плоскости объектива. Линейное увеличение подобной линзы равно показателю преломления стекла, из которого она изготовлена. Величина изображения после коллектива достигает необходимого значения. Данная линза не вносит в систему сферическую аберрацию, кому и дисторсию и зашифровывается согласно методу М.М. Русинова [1] в виде: Б (бф, кф) [4].

Линза оборачивающей системы переносит изображение от объектива в переднюю фокальную плоскость окуляра. Линейное увеличение оборачивающей системы равно -1^x. Чтобы сократить количество оптических элементов в наблюдательном приборе, оборачивающая система рассчитывается в виде стержневидной линзы, радиусы которой концентричны выходному зрачку предшествующей части оптической системы. Для исправления хроматических аберраций в линзу оборачивающей системы были введены хроматические радиусы, разделившие ее на трехлинзовую склейку: крайние двояковыпуклые положительные линзы изготовлены из стекла СТК19, а внутренняя отрицательная – из стекла ТБФ25.

В оборачивающей системе главный луч не преломляется, (рис. 1).

Подбирая значения осевых расстояний между компонентами, можно уменьшить величину кривизны изображения. Линза оборачивающей системы зашифровывается по [1] следующим образом: К(к,к) [4].

Чтобы получить необходимую длину, за оборачивающей системой устанавливается стержневидный коллектив типа К(кф,кф), толщина по оси которого равна удвоенному радиусу. Главные точки коллектива совпадают с общим центром поверхностей, там же находятся предмет после предшествующей части оптической системы и изображение после коллектива. В подобной линзе отсутствуют сферическая аберрация, кома, дисторсия и сагиттальная составляющая астигматизма [4].

Окуляр рассчитывается в виде плоско-выпуклой линзы, радиус которой концентричен выходному зрачку предшествующей части системы, основное внимание уделяется коррекции полевых аберраций. Окуляр зашифровывается по [1] в виде: К(к,о) [4].

Осевые расстояния между частями оптической системы подбираются с учетом согласования положения фокальных и главных поверхностей всех компонентов [4].

В результате проведенных исследований по сочетанию поверхностей с особыми свойствами в системе рассчитан комплект тонких наблюдательных систем с увеличением $0{,}2^{x}$, удовлетворяющих требованиям технического задания.

В таблице приведено сравнение аберраций полученных систем с максимально допустимыми значениями для оптических систем эндоскопов. Все системы получились высокого качества, без использования геометрического виньетирования широких наклонных пучков, аберрации не превышают допустимых значений. Системы могут работать и с большими угловыми полями, при этом их качество остается высоким и не выходит за установленные пределы представлены в таблице.

Таблица

Сравнение наблюдательных систем.

Параметры	Допустимые значения	Первая система (207 мм)	Вторая система (320 мм)	Третья система (530 мм)
Сферическая аберрация, угл. мера	Осевой пучок: 3'	1"	21"	26"
	Внеосевой пучок: 7'	42"	1'	1'
Кома, угл. мера	1-3'	4"	41"	14"
Астигматизм, дптр	0,5-1	0,009	0,02	0,015
Кривизна изображения, дптр	3-4	0,0005	0,01	0,005
Дисторсия, %	–20	–2,3	–3,88	–5,95
Коэффициент светопропус-кания, %	50	78,6	67,6	59,8

В ходе работы был проведен литературный обзор в области технической эндоскопии, предложена методика расчета оптических систем с применением стержневой оптики.

Произведены расчеты различных вариантов оптических систем и разработан комплект наблюдательных систем по методу профессора М.М. Русинова, удовлетворяющих требованиям технического задания. В системах достигнуто высокое качество изображения.

Литература

1. Русинов М.М. Композиция оптических систем [Текст] / М.М. Русинов. – 2-е изд. – М.: Либроком, 2011. − 384 с., ил.
2. Грамматин А.П. Расчет и автоматизация проектирования оптических систем [Текст] : Учебное пособие / А.П. Грамматин, Г.Э. Романова, О.Н. Балаценко. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 128 с., ил.
3. Русинов М.М. Техническая оптика [Текст] / М.М. Русинов. – 2-е изд. – М.: Либроком, 2011. – 488 с., ил.
4. Кутейникова К.А., Карпова Г.В. Синтез наблюдательных систем // Сборник трудов VI Всероссийского конгресса молодых ученых. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – С. 117–120.
5. Хацевич, Т.Н. Эндоскопы [Текст]: Учебное пособие / Т.Н. Хацевич, И.О. Михайлов. – 2-е изд., доп. и расш. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 260 с., ил.



Лопатин Никита Алексеевич
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра технологического предпринимательства
и управления, инновациями,
группы № U4270
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: n.lopatin94@mail.ru

УДК 330.322

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИЙ НА СФЕРУ СТРОИТЕЛЬСТВА

Н.А. Лопатин
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.Е. Петрушин

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития»

Строительная сфера является древнейшим направлением жизнедеятельности человека. В отношении компаний в строительной сфере актуализируется вопрос постоянного усовершенствования технологического процесса, которое невозможно без осуществления инновационной деятельности [1]. Для грамотного внедрения инновации необходимо оценить её, понять, насколько она будет полезна, и потенциально определить её будет ли она оказывать какое-то влияние на строительный процесс. Существует проблема, которая связана с тем, что трудно контролировать все процессы строительства одновременно. В данной выпускной квалификационной работе оценивается эффективность технологии «информационное моделирование зданий», которое подразумевает под собой процесс, в результате которого на каждом этапе создаётся (развивается и совершенствуется) информационная модель здания [2]. Эффективность технологии заключается в том, что она позволяет, при грамотном внедрении, снизать затраты и время строительства, повышать коммуникацию между руководителями и исполнителями, обнаруживать на стадии «проект» ошибки, которые более ресурсозатратные, при исправлении на стадии «рабочая документация» и «строительство». Потому что, чем дальше ушёл процесс проектирования, тем труднее специалистам вносить в него корректировки [3]. На (рис. 1) представлен график, иллюстрирующий возможность исправления ошибок, в зависимости от стадии объекта.

На данный момент, «информационное моделирование зданий» и его можно разделить на 4 уровня зрелости [4]. активно используется в Европе и США. Англия, как одна из первых европейских стран, имеет свою нормативно-правовую базу, обязывающую любую строительную организацию, при участии в государственных тендерах, использовать «информационную модель», как некий базис. В России, на данный момент, формируется классификации и центральные библиотеки по BIM-технологиям. 7 мая президентом РФ был подписан Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [5]. В нём сказано о необходимом внедрении цифровых технологий в строительстве, что указывает на заинтересованность государства. Поэтому были рассмотрены в работе важные аспекты технологии, чтобы определить её влияние на строительную сферу.

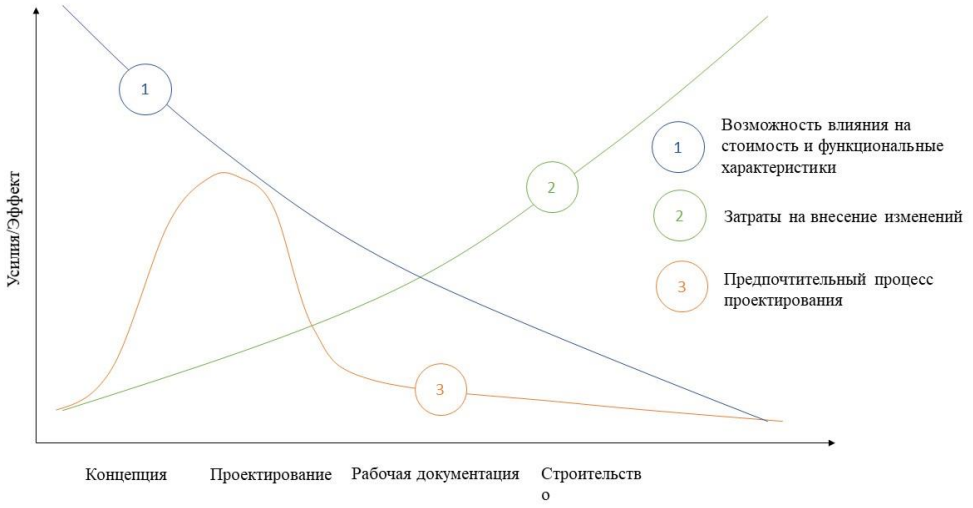


Рис. 1. Кривая наибольшей эффективности усилий по проектированию здания в зависимости от стадии работы

На данный момент, «информационное моделирование зданий» и его можно разделить на 4 уровня зрелости [4] активно используется в Европе и США. Англия, как одна из первых европейских стран, имеет свою нормативно-правовую базу, обязывающую любую строительную организацию, при участии в государственных тендерах, использовать «информационную модель», как некий базис. В России, на данный момент, формируется классификации и центральные библиотеки по BIM-технологиям. 7 мая президентом РФ был подписан Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [5]. В нём сказано о необходимом внедрении цифровых технологий в строительстве, что указывает на заинтересованность государства. Поэтому были рассмотрены в работе важные аспекты технологии, чтобы определить её влияние на строительную сферу.

Таблица 1

Общие данные по техническому этажу здания

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Количество секций	шт.	21
2	Общая площадь технического этажа	$м^2$	9800
3	Общая длина трубопровода	км	16,5
4	Общая длина кабельных лотков	м.	2200
5	Общая длина воздуховодов	м.	500
6	Количество фитингов	шт.	6500
7	Общее количество отверстий	шт.	647
8	Количество измененных отверстий	шт.	112
9	Процент изменений	%	17

Для анализа эффективности технологии был рассмотрен кейс одного объекта, компании ООО «Сэтл Сити». Для примера был взят технический этаж жилого здания. Данные получены с помощью программы Autodesk Revit и дальнейшая автоматическая проверка на наличие коллизий, благодаря программе Navisworks Manage. В табл. 1 представлены данные.

Данный пример показал, что при большом количестве информации об объекте невозможно вручную отследить всевозможные ошибки. Правильно построенные процесс позволит компании уверенными темпами занимать лидирующие позиции на рынке. Но стоит отметить, что целиком и полностью сразу же переходить всей организации не стоит. Необходимо отладить все процессы на пилотном проекте, иначе это грозит банкротству предприятия. Для руководства организации важно понимать, какое количество средств понадобиться на реализацию технологии. В своей работе представлен калькулятор окупаемости инвестиций для технологии «информационное моделирование» по методологии компании Autodesk. Для примера расчёта была придумана строительная компания, которая работает на рынке B2B. Исходные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Годовой оборот	руб.	20 000 000 000.00
2	Чистая прибыль	руб.	4 000 000 000.00
3	Среднее количество проектов в год	ед.	5
4	Средняя длительность проекта	неделя	150

Таблица 3

Зарплаты сотрудников, участвующих в процессе внедрения информационных технологий в компанию

	Наименование должности	Ед. изм.	З/п без вычета 13% в месяц	З/п без вычета 13% в год	Суммарные затраты компании на з/п сотруднику
1	Проектировщик	Руб.	75 000,00	900 000,00	1 170 000,00
2	Руководитель	Руб.	110 000,00	1 320 000,00	1 716 000,00
3	IT специалист и архивист	Руб.	40 000,00	480 000,00	624 000,00
4	Прочий персонал	Руб.	85 000,00	1 020 000,00	1 326 000,00
5	Средняя з/п всех участников данного процесса	Руб.	77 500,00	930 000,00	1 209 000,00

В табл. 3 рассмотрены зарплаты сотрудников, которые участвуют и входят в подразделения, занимающиеся внедрением технологии. Зарплаты сотрудников белые, поэтому с работника снимают 13%. Компания платит во внебюджетные государственные активы еще 30%. Значение зарплат завышены, так как от специалистов требуются специальные знания. Данные взяты на HeadHunter.

Таким образом, компания ежегодно, при наличии одного представителя своего направления тратит 5 148 000.00 рублей. Каждый работник работает 1976 часов год. В работе были рассмотрены пункты и потенциально возможное улучшение, при грамотном внедрении технологии, которые влияют на итоговые результаты. К ним можно отнести:

1. Проектные изменения
2. Командировки
3. Издание и распространение документации
4. Повторное использование наработанных данных
5. Поиск информации по проектам
6. Архивы
7. Проектные переделки
8. Количество извещений на изменения
9. Повторное использование проектных ошибок

В расчёте использовались данные табл.3. Итоговое годовое снижение затрат по полученным данным составило 114,181,763.68 рублей. Но для грамотного внедрения в расчётах учитывалась затраты на приобретение программного обеспечения с ежегодной подпиской, привлечение специалистов консалтинговой компании.

Потенциально возможно точка безубыточности данного внедрения проходит в точке 20 месяцев. То есть на протяжении 20 месяцев компания несла ежемесячные убытки, которые связаны с переустройством работы в целом, обучением персонала. Также был сделан опрос специалистов из таких компаний, как ООО «Сэтл Сити», ООО «Амкад», ООО «Бонава Санкт-Петербург», ООО «Аутодеск» и ООО НТЦ «Эталон», где был задан вопрос о количестве месяце, необходимом для внедрения технологии. В среднем получилось 26,7 месяцев период окупаемости.

Таким образом, эффективность технологии может быть достигнута не меньше, чем через 20 месяцев, при условии правильно руководства и наличии средств на покупку оборудования, лицензий и наём консалтинговой компании. При желании получения максимального эффекта сразу и на всю компании может возникнуть сбой в работающей компании, который потенциально может привести к банкротству.

Литература

1. Силакова Л.В., Петрушин И.Е., Лопатин Н.А. Оценка финансовой устойчивости и влияния инноваций на вероятность банкротства инновационного предприятия // Инновационное развитие экономики – 2018. – № 1(43). – С. 135-143
2. BIM: что под этим обычно понимают. Второе издание [Электронный ресурс] / Владимир Талапов - 2014 – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17298
3. Что влияет на внедрение BIM в России [Электронный ресурс] / Владимир Талапов – 2010 – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14044
4. Технология BIM: уровни зрелости [Электронный ресурс] / Владимир Талапов – 2015 – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17484
5. Президент подписал Указ "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" [Электронный ресурс] / Президент России – 2018 – URL: http://kremlin.ru/acts/news/57425



Лукинская Валерия Валерьевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра высшейшколы светового дизайна,
группа № В4280
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: lera.lukinskaya@gmail.com

УДК 628.921

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ПРОСТРАНСТВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ СТРАН

В.В. Лукинская
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.В. Матвеев

Данная работа направлена на определение и оценки возможности проектирования адаптивных систем освещения в учебные пространства в климатических условиях северных стран на примере г. Санкт-Петербург. В рамках чего был проведен анализ существующих систем освещения, работающих с естественным источником света и подходов к проектированию таких систем. Были рассмотрены системы, работающие по принципу переотражения естественного света, системы, работающие с оптоволокном и полыми трубчатыми световодами, а также динамические фасады. Исходя из проделанного анализа было решено в качестве основополагающего принципа использовать принцип работы с отраженным и перенаправленным естественным светом. Этот принцип был выбран в связи с климатическими особенностями северных стран, поскольку в данных условиях необходимо обеспечивать максимальное проникновение солнечного света в учебные классы. В качестве инструмента для проектирования таких систем было выбрано параметрическое моделирование, которое позволяет осуществлять быструю адаптацию системы к внешним факторам и определить наиболее оптимальную конфигурацию системы для достижения необходимого уровня освещенности.

В ходе исследования было проведено моделирование нескольких вариантов адаптивных систем освещения, направленное на выявление возможности интеграции таких систем в климатических условиях северных стран и определение метода их проектирования. А также дает возможность определить общие требования и уточнить значимые характеристики проектируемой системы освещения, влияющие на наиболее оптимальное и эффективное использование солнечного света. В ходе моделирования необходимо было создать в программной среде существующие адаптивные системы контроля попадания и перераспределения солнечного света в помещении, создать модель учебной аудитории, для которой будут производиться расчеты освещенности, показатель блескости (Annual Glare) и DA (Daylight Autonomy). В качестве результатов расчета должны быть получены усредненные данные по перечисленным показателям за определенные периоды времени (с сентября по июнь), с учетом климатических условий присущих городу Санкт-Петербург. Целью данного моделирования было оценить рентабельность и возможность интеграции уже существующий и разрабатываемых естественных систем освещения в типовые школьные здания Санкт-Петербурга, оценить количественные показатели отраженного и перераспределяемого солнечного света. Для апробации в программной среде нескольких типов адаптивных систем освещения и проведения расчетов было смоделировано одно крыло здания выбранной школы с пятью классами на каждом этаже, оборудованными школьными партами. Расчеты проводились

по каждой системы для одного и того же класса, с целью сравнения получаемых результатов и выявления наиболее эффективной системы, с точки зрения уровня освещенности рабочих поверхностей. Было смоделировано три типа адаптивных систем освещения. Модель адаптивной системы вертикальных отражающих поверхностей представляет собой элементарную динамическую параметрическую систему освещения, работающую по принципу управляемых элементов перенаправления светового потока в помещение (рис. 1) [1 – 6].

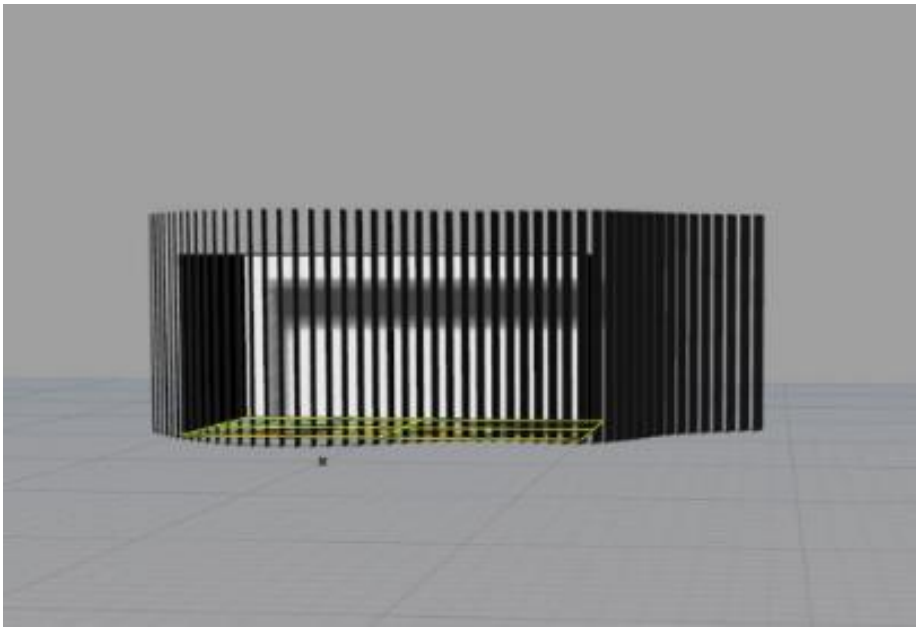


Рис. 1. Модель адаптивной системы вертикальных отражающих поверхностей

Модель системы динамического фасада работает по принципу оригами и имеет более сложную структуру элементов и взаимосвязей между ними в отличие от предыдущей модели системы освещения (рис. 2). Управление в данном случае происходит как отдельным элементом, так и системой целиком.

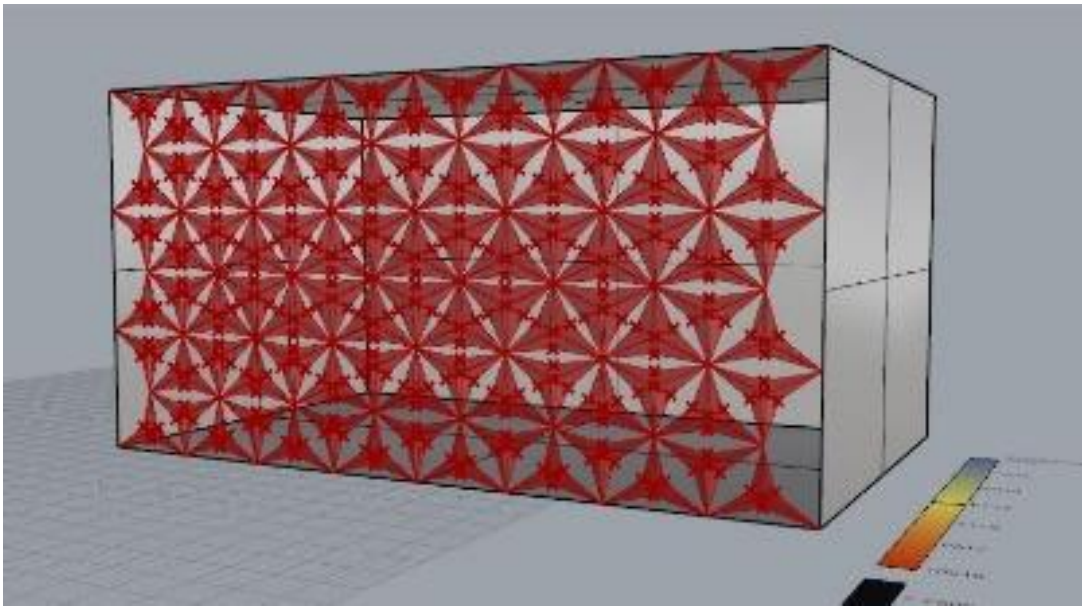


Рис. 2. Модель системы динамического фасада

Моделирование адаптивной системы горизонтальных отражающих панелей имеет несколько рядов отражающих поверхностей (рис. 3). Каждый ряд состоит из набора управляемых панелей, которые могут менять свое положение не зависимо друг от друга. Дополнительным элементом системы является отражающая панель, которая располагается внутри освещаемого пространства.

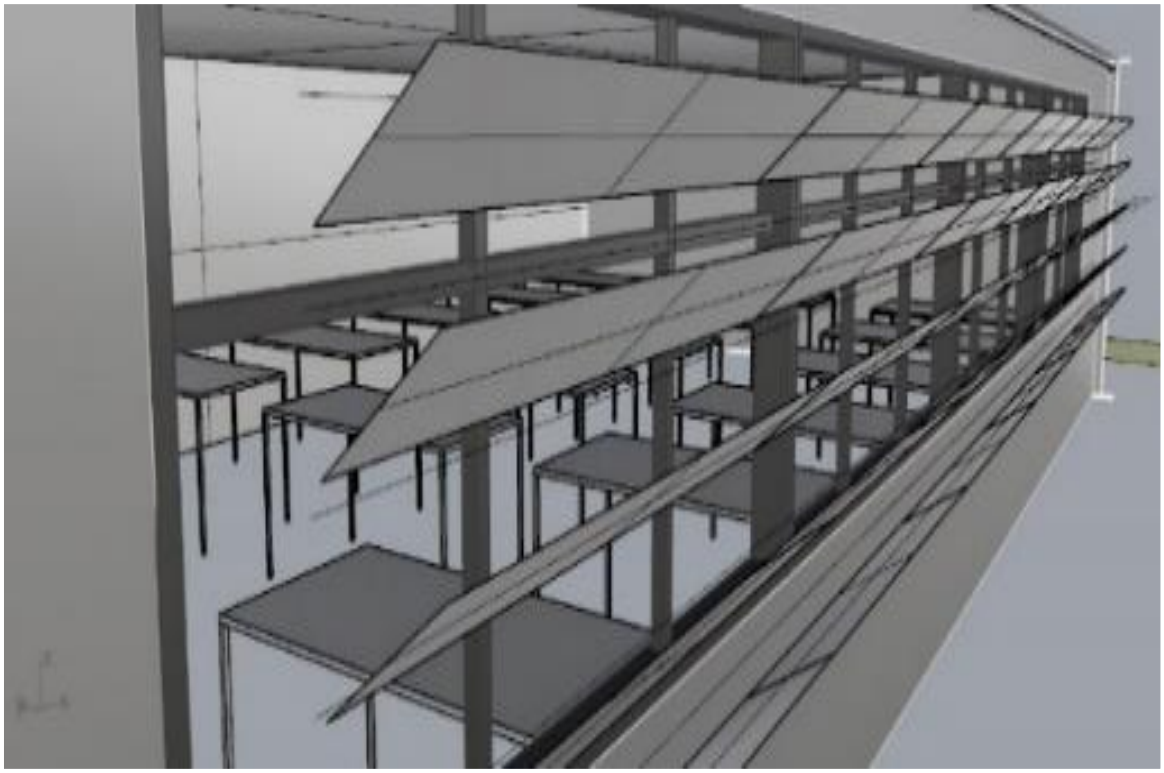


Рис. 3. Модель адаптивной системы горизонтальных отражающих панелей

Расчет освещенности на рабочих поверхностях, визуализация распределения поступающего светового потока, показатель годового распределения бликов и Daylight Autonomy были произведены для каждой системы в одинаковых условиях. Для проведения необходимых расчетов был выбран период времени с сентября по июнь включительно. Такой выбор обусловлен началом и окончанием учебного года. В качестве расчетного времени и даты был выбран полдень 15 числа каждого расчетного месяца. Месяцы для проведения расчета (апрель, июнь, октябрь и декабрь) были выбраны с точки зрения длительности светового дня. Погодные условия для проведения расчетов были обозначены как облачное небо, так как для северных городов по статистике преобладает именно такая погода. В качестве местности использовались географические координаты г. Санкт-Петербурга. Коэффициент поверхности отражения стен в учебных классах равнялся 20. Расчет показателя DA (Daylight Autonomy) выдает данные о том, на каком проценте площади пола в течение года достигается необходимый уровень освещенности. Для проведения расчета этого показателя для всех трех систем были указаны следующие условия:

- период времени пользования помещением был задан с сентября по июнь, что соответствует учебному году;
- расчет производился с учетом шестидневного использования учебных классов с 9.00 до 17.00;
- значение средней освещенности, необходимое для проверки, было равно 400 лк.

Результаты проведенных расчетов приведены в сравнительной табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Сравнение результатов расчетов освещенности и равномерного распределения светового потока по 3 типам систем

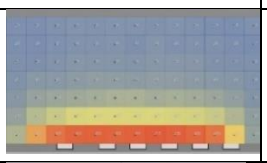
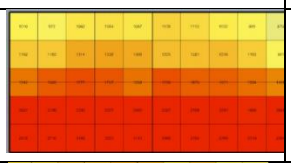
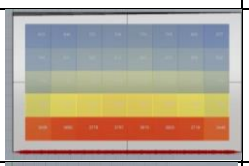
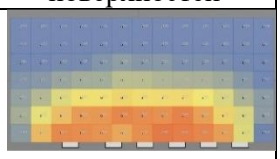
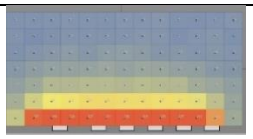
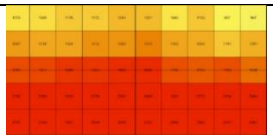
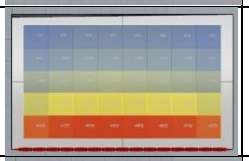
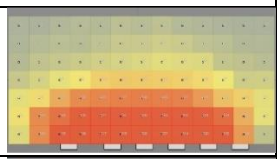
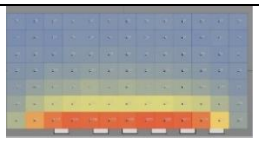
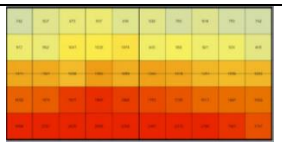
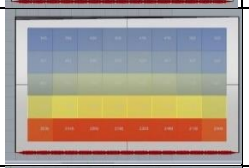
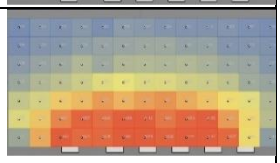
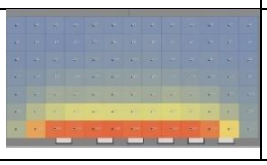
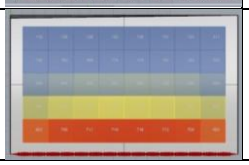
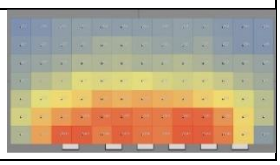
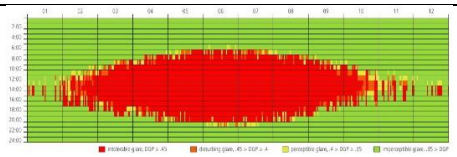
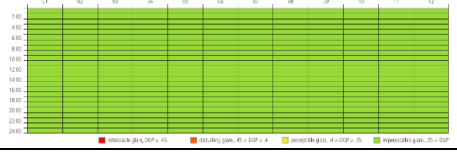
Дата дд.мм	Без системы	Адаптивная система вертикальных отражающих поверхностей	Динамический фасад	Адаптивная система горизонтальных отражающих поверхностей
15.04				
15.06				
15.10				
15.12				

Таблица 2

Сравнение показателя годового распределения бликов для 3 типов систем

Тип системы	График годового распределения бликов, по оси X указаны месяцы, по оси Y – время суток
Без системы	
Адаптивная система вертикальных отражающих поверхностей	
Динамический фасад	
Адаптивная система горизонтальных отражающих поверхностей	

Исходя из полученных результатов расчетов по 3-м адаптивным системам освещения можно сделать вывод, что интеграция такого рода систем в климатических условиях северных стран возможна. В ходе исследования было установлено, что только адаптивная система вертикальных отражающих поверхностей повышает уровень освещенности в учебных классах, при использовании естественного света в качестве основного и единственного источника света, в 2 раза и обеспечивает необходимый по нормам уровень средней освещенности даже в пасмурную погоду. Также данная система нивелирует блики и слепящий эффект от естественного освещения на рабочих поверхностях. Однако, как и предполагалось, в период времени с октября по март, естественного света для освещения классов недостаточно, что обусловлено длительностью светового дня. Вследствие чего, необходимо вводить искусственные источники света для обеспечения необходимого уровня освещенности и комфорта световой среды в учебных пространствах.

Таким образом, анализ проведенных расчетов и полученных результатов, позволяет сделать вывод, что интеграция проектируемой адаптивной системы горизонтальных отражающих поверхностей в учебные пространства типовой застройки в климатических условиях северных стран, на примере г. Санкт-Петербург является рентабельной и отвечает необходимым требованиям. Развитие и применение таких систем в климатических условиях северных стран, как показало исследование, позволит увеличить качество световой среды в учебных учреждениях, в связи с чем, дальнейшее развитие этого направления исследования является актуальным и перспективным. В рамках теоретической части работы был проведен анализ существующих исследований в области влияния естественного освещения на психофизиологическое состояние и когнитивные способности человека. В то же время были изучены и проанализированы существующие и разрабатываемые системы естественного и гибридного освещения. Проведен анализ климатических условий северных стран. В рамках практической части было создано 3 типа моделей адаптивных систем естественного освещения. Произведены расчеты освещенности на рабочих поверхностях и сравнительный анализ результатов в учебных классах, выполнен анализ распределения светового потока внутри помещения при интеграции проектируемой адаптивной системы освещения. Согласно расчетам, уровень освещенности на рабочих поверхностях увеличился в среднем в 2 раза, что является существенным показателем. Однако для достижения более равномерного освещения и необходимого освещения в зимний период необходимо введение искусственных источников света. В качестве перспектив развития дальнейшего применения проектируемой адаптивной системы можно выделить несколько направлений. Во-первых, необходимо произвести оптимизацию и унификацию системы для ее интеграции в других северных городах и странах. Во-вторых, расширить сферы применения данных установок, интегрировать не только в типовую застройку общеобразовательных учреждений, но и в здравоохранительной сфере. Также, в рамках этого направления, будет необходимо произвести дополнительные исследования на предмет направленного влияния на циркадные ритмы человека, с целью улучшения его психофизиологического состояния, в свою очередь, повлияет на повышение качества световой среды в здравоохранительных учреждениях.

Литература

1. N.Soelamia, E.Ekawatia, V.Mufidaha, A.Goldie Auliaa. The Design and Model of Daylighting Control System for Sasana Budaya Ganesha Underground Tunnel/ Peer-review under responsibility of the Scientific Committee of Arte-Polis 5// Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2015
2. S.Ji, G.Cao, J.Zhang, F.Yu, D.Li, J.Yu. Lighting design of underground parking with tubular daylightingdevices and LEDs// Optik. – 2016. № 127. P. 1213–1216
3. J.Song, Z.Jin, Y.Zhu, Z.Zhou, Y.Yang. Development of a fiber daylighting system based

on the parallel mechanism and direct focus detection// ScienceDirect. – 2015. №115. 30 March
4. H.Schober, J.Carpenter, M.Stein. The Sky Reflector-Net for the Fulton Center, New York// Stahlbau 83. – 2014. №11
5. M. S. M. Hashim, M. A. Zulkifli Din, I. Z. Zaini, A. Mohamad, N. S. Kamarrudin, M. H. Basha, N. A. M. Amin. Parametric study of diffuser for a passive eco-daylighting system// AIP Conference Proceedings. 2016. doi: 10.1063/1.4965149
6. E. K. Hansen(&) , S.M. L. Nielsen, D. Georgieva , K. M. Schledermann. The Impact of Dynamic Lighting in Classrooms. A Review on Methods// ICST, A. L. Brooks, 2018, pp 479–489



Любакова Юлия Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра высшей школы светового дизайна,
группа № В4280
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: lyubakova@bk.ru

УДК 628.987

ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОЙ ИМИТАЦИИ ПРИРОДНЫХ ФОРМ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Ю.С. Любакова
Научный руководитель – к.арх.н., Н.В. Быстрянцева

Работа посвящена исследованию приема воссоздания с помощью искусственного света различных природных форм (элементов растительности, текстуры поверхности воды, неба и так далее) что в дальнейшем называется «световой имитацией природных форм: его влияния на психофизиологическое состояние человека и возможности в создании условий для восстановительного отдыха в городской среде. Научная разработанность темы представлена в исследованиях, посвященных рекреационному воздействию природной среды: воздействие визуально воспринимаемой природной и городской среды на когнитивные функции [1], на различные физиологические показатели человека [2], психологические и социокультурные аспекты взаимоотношений данных типов среды и человека [3], вопросы визуального восприятия природных форм. В проанализированных научных источниках рассматривалось рекреационное воздействие дневной среды, в то время как у большинства горожан пик утомления и восстановительный контакт со средой приходится на темное время суток. В связи с этим в работе проводится эксперимент, в котором сравнивается влияние стимулов вечерней городской и природной среды на альфа-ритм головного мозга и частоту пульса как индикаторы спокойного состояния человека, с целью понять, переносимы ли результаты предыдущих исследований о рекреационном воздействии стимулов дневной природной среды, по сравнению с городской, на процессы восприятия в темное время суток с искусственным освещением. Симуляция природы в рассмотренных работах других авторов представлена в виде фотографий, видео, виртуальной реальности, т.е. фотореалистичных изображений, в проводимом же исследовании рассматривается имитация с помощью искусственного света природных форм в более абстрактном виде контуров, паттернов, текстур. Впервые изучаются визуальные свойства данных световых эффектов и их воздействие на психофизиологическое состояние человека.

Для выявления наиболее часто используемых приемов световой имитации природных форм (типов паттернов и способов технической реализации) был проведен анализ существующих световых решений. В проектировании городских общественных пространств световые дизайнеры довольно часто обращаются к природным формам, особенно текстуре поверхности воды. В работе проводится анализ спектра мощности визуальных пространственных частот изображений, представляющих 2 основных типа световой имитации природных форм: один представляет собой гобо проекции двухмерных графических символов, связанных с водой, а другой – более сложные полутоновые абстрактные формы, напоминающие текстуру поверхности воды или водные блики. Согласно теории Д. Валчанова, изображения с более низкими значениями

мощностей в определенном диапазоне визуальных пространственных частот вызывают позитивную физиологическую и психологическую реакцию [4]. По результатам анализа можно предположить, что наиболее привлекательными и вызывающими наибольшую восстановительную реакцию организма будут световые эффекты второго типа.

Эксперимент по сравнению визуального воздействия дневной и вечерней среды на психофизиологическое состояние человека проводится в качестве предварительного исследования, т.к. в рассмотренных работах других авторов по данной тематике использовались только стимулы с дневной средой, не изучалось воздействие вечерней среды с искусственным освещением. В связи с этим целью эксперимента является сравнение воздействия типов среды не только в категориях город-природа, но и день-ночь. Психофизиологическое состояние испытуемых оценивается на основе данных электрической активности головного мозга, получаемых неинвазивно с помощью нейроинтерфейса Emotiv Epoc. При анализе спектра сигнала необходимо выделить частоту альфа-ритма (8-15 Гц) и сравнить энергию сигнала на ней при просмотре разных категорий стимулов: чем выше значение, тем спокойнее состояние испытуемого [2]. Результаты демонстрируют увеличение мощности альфа-ритма при просмотре стимулов природы, по сравнению с городом, и ночных стимулов, по сравнению с дневными. На основе расчета критерия Манна-Уитни была проведена оценка различий между выборками: статистически значимая разница наблюдается как при сравнении разных типов среды в одно время суток, так и при сравнении одного типа среды в разное время суток (табл. 1).

Таблица 1

Мощность альфа-ритма испытуемых

Тип стимула		Мощность альфа-ритма, %
Город	День	17,43±4,05
	Ночь	37,37±6,72
Природа	День	31,47±7,63
	Ночь	43,86±6,47

Результаты субъективной оценки уровня расслабления, в целом, коррелируют с данными мощности альфа-ритма: более высокие значения у природы, по сравнению с городом, и у ночи, по сравнению с днем. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что результаты предыдущих исследований по сравнению воздействия дневной городской и природной среды, в целом, коррелируют с полученными результатами для ночной среды. Важно отметить, что наблюдается значительное увеличение уровня физиологического и субъективного психологического расслабления при просмотре сцен вечерней среды, по сравнению с дневной, что дает основания сделать предположение о большем рекреационном эффекте вечерней среды. Возможно, это обусловлено тем, что более низкие уровни освещенности способствуют увеличению мощности альфа-ритма, или психологическими установками на то, что вечер – время отдыха, что в психологии носит название осознанного ожидания. Так или иначе, этот вопрос может быть в дальнейшем исследован. Также проведенный эксперимент показал работоспособность выбранных методик и оборудования для оценки физиологического уровня расслабления испытуемых, а значит, они могут быть использованы в последующих экспериментах.

Второй эксперимент направлен на выявление возможностей световой имитации природных форм в повышении рекреационных качеств среды. Гипотеза эксперимента: световая имитация природных форм увеличивает рекреационное воздействие среды как прямо, визуальным воздействием запуская восстановительные процессы в организме и

вызывая положительный эмоциональный отклик, так и косвенно, увеличивая предпочтение и желание пользователей находиться в этой среде. Стимулы. Для проведения эксперимента отобраны по 2 изображения вечерней световой среды городских пешеходных пространств каждого типа: зеленые зоны, урбанистическая среда без природных элементов, смешанная среда. В программе Adobe Photoshop CC 2017 смоделированы вторые варианты изображений, включающие световые эффекты, имитирующие блики воды.

На первом этапе производится расчет спектра мощности визуальных пространственных частот всех изображений для выявления влияния на него введения световых эффектов, имитирующих водные блики. Анализ спектральной мощности изображений в диапазоне визуальных пространственных частот 5-7 циклов / угл. град. демонстрирует небольшое увеличение для изображений со световыми эффектами. Однако, расчет критерия Манна-Уитни показывает, что разница в значениях не является статистически значимой. Наиболее низкие показатели наблюдаются у смешанного типа среды, а самые высокие – у урбанистической.

На втором этапе изображения демонстрируются испытуемым, при этом производится запись ЭЭГ и субъективная оценка привлекательности наблюдаемой среды. Полученные данные показывают, что значения мощности альфа-ритма для среды с включением световых эффектов, имитирующих водные блики, несколько выше, чем без них. Однако, расчет критерия Манна-Уитни показал отсутствие статистически значимой разницы в результатах. Существенные различия в мощности альфа-ритма наблюдались только между урбанистической и смешанной средой без световых эффектов, а в группе со световыми эффектами – между урбанистической и смешанной, а также между урбанистической и природной средами (табл. 2).

Таблица 2

Средняя мощность альфа-ритма при просмотре стимулов

Тип среды	Без светового эффекта	Со световым эффектом	Увеличение, %
Парк	31,00	32,98	6,4
Город	27,17	29,69	9,3
Смешанная	38,34	42,12	9,9

Данные об альфа-активности головного мозга испытуемых коррелируют с результатами анализа спектра мощности изображений: наименьший спектр мощности наблюдается в стимулах со смешанной средой, которые вызвали наибольшую мощность альфа-ритма при просмотре, соответственно, они более способствовали активации физиологических процессов отдыха и восстановления.

Анализ субъективной оценки привлекательности среды участниками эксперимента показал, что, в целом, прослеживается тенденция ее увеличения для изображений со световыми эффектами. Стоит отметить, что наиболее высокие показатели привлекательности среды по итогам опроса наблюдаются у изображений со световыми эффектами из всех трех категорий (рисунок).

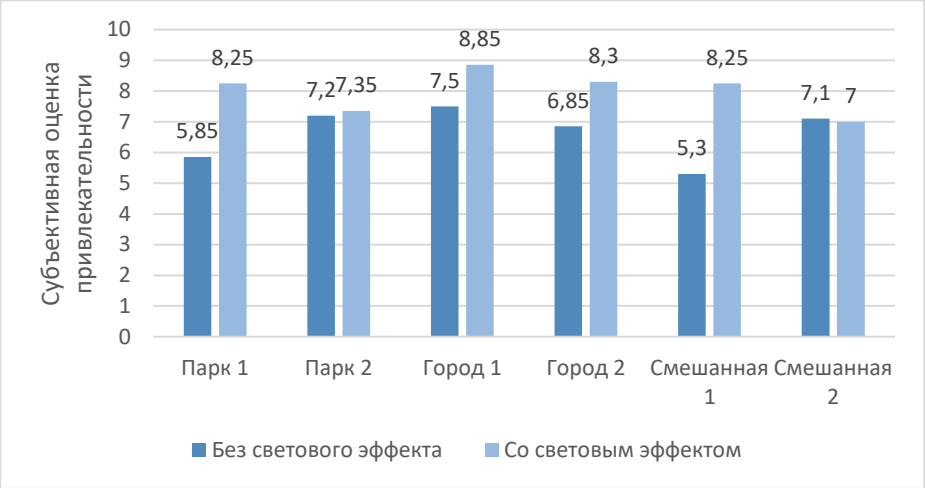


Рисунок. Субъективная оценка привлекательности среды

Эксперимент по изучению воздействия световой имитации природных форм на психофизиологическое состояние человека и ее потенциала для улучшения характеристик рекреационной среды показал, что в ряде случаев интеграция данных световых эффектов в городскую среду способна оказывать рекреационное воздействие, наблюдаемое в виде увеличения мощности альфа-ритма головного мозга, что говорит о более спокойном состоянии испытуемых и активации парасимпатической нервной системы, отвечающей за механизмы восстановления в организме. Кроме того, использование этого приема способно повышать привлекательность среды, что косвенно также может оказывать положительное воздействие на физическое и психическое здоровье людей: привлекательная среда побуждает проводить в ней больше времени, что активирует использование городских общественных пространств, которое дает ряд индивидуальных (времяпрепровождение на открытом воздухе, физическая активность, отдых), а также социальных преимуществ: от усиления чувства воспринимаемой безопасности (и ее реального уровня) до создания и укрепления социальных взаимодействий, формирования сообществ и идентичности.

Дальнейшее развитие исследуемой темы представляется в трех основных направлениях:

1. изучение визуальных качеств световых эффектов, воспроизводящих природные паттерны (форма, яркость, контрастность, цвет, динамика) и их восприятия;
2. исследование вопросов интеграции данных эффектов в городскую среду (зависимости их применения от типа пространств, их стилистики, предметного наполнения и пр.);
3. поиски технологических решений светотехнического оборудования, позволяющего реализовывать данные эффекты в городской среде.

Литература

1. Staats, H. Restorative environments // The Oxford handbook of environmental and conservation psychology / ed. S. Clayton. – New York, 2012. – С. 445–458.
2. Ulrich, R.S. Natural versus Urban Scenes: Some Psychological Effects / R. S. Ulrich. // Environment and Behavior. – 1981. – №13. – С. 523–556.
3. Zhang, J.W. An occasion for unselfing: Beautiful nature leads to prosociality / J. W. Zhang [и др.]. // Journal of Environmental Psychology. – 2014. – №37. – С. 61–72.



Манеев Андрей Олегович
Год рождения: 1993
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № N4250
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность и технология защиты информации
e-mail: maneevao@gmail.com

УДК 004.052.2.

СТОХАСТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА УЯЗВИМОСТЕЙ

А.О. Манеев
Научный руководитель – к.т.н. С.И. Спивак

В современном мире программное обеспечение стремительно идёт по пути усложнения, увеличения разнообразия в методах проектирования, реализации и использования. У исследователей всё меньше времени, чтобы успевать вникать в процессы каждого программного продукта. В то же время, всегда существуют моменты, которые были упущены при тестировании, а в сложных проектах подобное принимается как данность. Очевидно, что полный перебор всех тестов недостижим. В реалиях жизненного цикла программного обеспечения время на проведение полного тестирования можно сравнить с бесконечностью, так как оно может и не закончится, даже когда данным продуктом уже не будут пользоваться. В попытках решить данные проблемы исследователи и тестировщики пришли к методу стохастического тестирования программного обеспечения (англ. Fuzzing – фаззинг) – подвид динамического тестирования, заключающийся в передаче приложению случайных данных [1].

Цель работы – разработка метода инструментации стохастического тестирования для возможности направления процесса тестирования и достижения повышенного показателя покрытия кода.

Фаззинг появился сравнительно давно для мира информационных технологий – первое упоминание его использования датировано 1983 годом [2]. Но только сейчас данная технология претерпевает фазу расцвета и становления: крупные корпорации внедряют данную технологию в жизненный цикл разработки программ, ученные изучают различные аспекты данного вопроса, а исследователи и участники программ bug-bounty (программы вознаграждений за поиск уязвимостей) давно взяли его на вооружение как основной инструмент. Вполне вероятно, что в будущем данный метод вытеснит собой множество остальных.

Основные достоинства стохастического тестирования такие как:

– простота реализации;
– скорость подготовки продукта для тестирования;
– отсутствие необходимости по изучению продукта;
– возможность найти то, что было упущено при других видах тестирования;
– высокая гарантия отсутствия ложного срабатывания позволяют применять его при тестировании практически любого программного обеспечения.

Легко понять, что обработка программой случайных данных не всегда приводит к какому-либо интересному результату, а согласно практике - более 90% тестов (в зависимости от приложения) не представляют интереса для исследователя.

Стохастическое тестирование или фаззинг дополняются множеством интеллектуальных методов, которые бы позволили получить приемлемые показатели по проведению тестирования, что и рассмотрено в данной работе.

Поднимаются вопросы по использованию данного вида тестирования при аттестации программного обеспечения [3]. Строгая необходимость внедрения данного тестирования диктуется перечисленными достоинствами и малым числом экспертов в разрастающемся мире информационных технологий.

В работе рассматривается процесс стохастического тестирования программного обеспечения и его основные свойства, и ограничения. Основное внимание будет уделено алгоритму или протоколу стохастического тестирования. В сфере стохастического тестирования преобладают эволюционные алгоритмы, которые с каждым шагом всё глубже проникают в тестируемое приложение и находят более глубокие уязвимости.
По мнению автора, современные фаззеры уделяют слишком мало внимания случайным данным, которые они передают тестируемому приложению, не делая никаких заключений о структуре входных данных, а также их влиянию на путь исполнения этого приложения.

Автором предложен метод по сбору информации о структуре передаваемых данных для тестирования приложения - а именно, выделение наиболее перспективных мест для проведения мутаций, выделению мест, которые не приводят к должному результату при тестировании, а также приоритизации тестовых проверок.
В работе используется фаззер AFL (American Fuzzy Lop), который полюбился многим исследователям в сфере стохастического тестирования за его открытость, а также качество исполнения. С его помощью было найдено множество уязвимостей в различных крупных, распространённых приложениях.

AFL работает по следующему алгоритму (рис. 1).

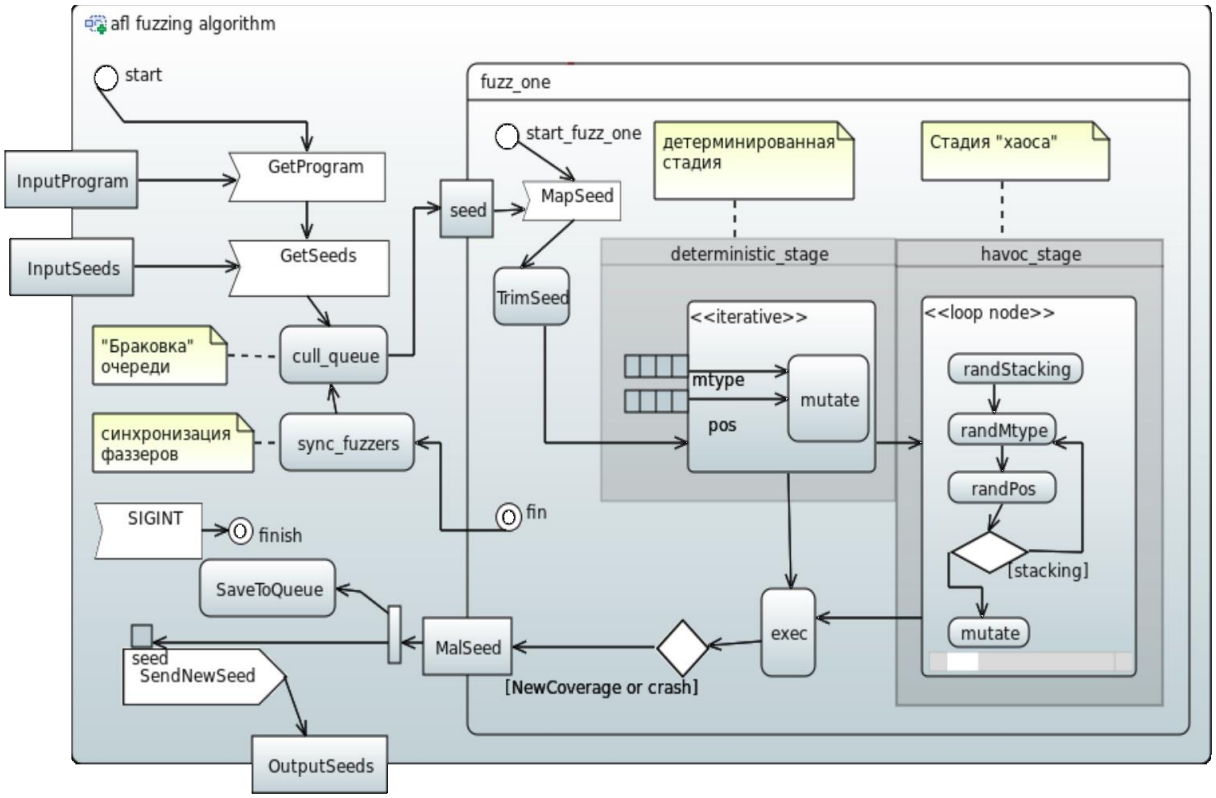


Рис. 1. Диаграмма активности – Алгоритм стохастического тестирования afl

Каждый фаззинг процесс требует входных параметров в виде программы и начальных входных данных для мутации (InputProgram, InputSeed). Далее afl запускает практически вечный цикл обработки, модификаций и собственно исполнений программы.

Алгоритм составляет очередь из претендентов на мутации, которая постоянно обновляется (cull_queue), а после передаёт одного из претендентов для мутации в функцию fuzz_one, в которой происходят множественные типы мутаций с одними и теми же данными. Работа проводится в две стадии: детерминированная (deterministic_stage) и стадия `хаоса` (havoc_stage). Соответственно на детерминированной стадии последовательно перебираются методы мутации, а также позиции для мутации, а после собирается информация о достижении нового покрытия.

Основная идея работы в том, что фаззер тратит большую часть своего времени на не нужные позиции для мутации. Например, если взять bmp-файл или wav-файл, то более 90% файла занимают байты, отвечающие за цвет отрисовки изображения на экране или за характеристики звуковой волны, которые не влияют на исполнение программы. Таким образом фаззер в 90% случаев мутирует байты, которые не приводят его к новым значениям покрытия кода, а, следовательно, выполняет пустую работу.

Предложенный метод работает одновременно с элементами эволюционных вычислений, а также машинного обучения. Каждому байту в позиции входных данных даётся весовой коэффициент, который не может обратиться в ноль. Его задача отвечать за распределение функции генератора псевдослучайных чисел. Таким образом метод не внедряется в сам алгоритм стохастического тестирования, а только инструментирует его не трогая его суть. Подобная модификация возможна не только для фаззера afl, но и также для других фаззеров.

Обучение весов происходит методом обратного распространения ошибки, которая получается от средства, возвращающего хеш-покрытия кода, а также ошибок исполнения. В последствии многократного прогона тестов над одним из данных получается модель, которую возможно использовать на следующих входных данных, чтобы проводить тестирование только необходимых позиций.

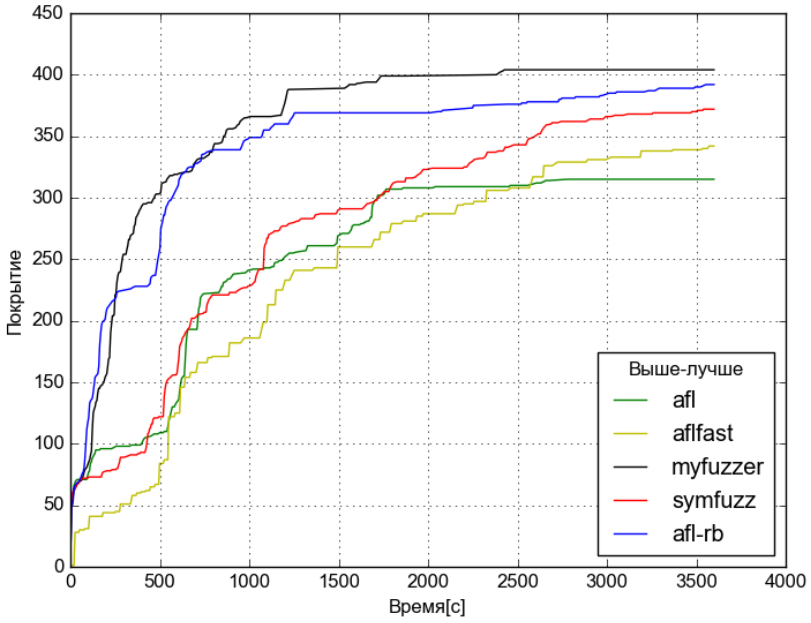


Рис. 2. Фаззинг приложения bmp2png

Следует отметить, что реализован механизм инвертации модели, который выполняет свою деятельность в 5% случаев, чтобы позиции, которые необходимо мутировать на следующем шаге, чтобы получить новое покрытие, не были отброшены, что заметно замедлит тестирование.

Таким образом отдаётся предпочтение только определённым позициям при тестировании, но это выражено только в частоте их появления при тестировании, но не полном их исключении из рассмотрения как это сделано в afl-rb.

В работе представлено 4 проекта, с которыми производилось сравнение проекта автора (myfuzzer) на стадии тестирования решений:

a) afl 2.52b (2017 г.) оригинальный;
b) symfuzz (2015 г.);
c) afl-rb (2017 г.);
d) aflfast (2018 г.).

Сравнения производились на следующих проектах: bmp2png (рис. 2), bzip2, gif2png, lz4, objdump, readelf.

Далее для более комплексного оценивания фаззеров между собой нормализуем данные в каждый момент времени на наилучшее значение в этот самый момент. Таким образом избавляемся от влияния количества найденных путей исполнения в каждом конкретном случае. Нормировка на единицу в каждый момент времени говорит о том, какой фаззер лидирует в этот момент времени. Дальнейшие вычисления проведём на основе интегрирования значений покрытия кода по времени (1).

$$D_{f_{1-f_2}} = \frac{\int_0^{3600} cov^*_{f1}(t)dt}{\int_0^{3600} cov^*_{f2}(t)dt} \quad (1)$$

где $D_{f_{1-f_2}}$ – показатель сравнения фаззера f_1 и f_2, $cov_f(t)$ – покрытие кода фаззера во времени. Символ $*$ означает, что значение было нормировано.

Вычислим $\int_0^{3600} cov^*_f(t)dt$ для каждого фаззера в работе. Соответственно получаются следующие значения (сортировка по убыванию):

myfuzzer = 20897, 310818744532; (2)

afl−rb = 19048, 937330056404; (3)

afl – 2.52b = 16764, 522825238415; (4)

symfuzz= 16736, 592968869485; (5)

aflfast= 16519, 758338792613. (6)

По результатам можно увидеть, что фаззер myfuzzer с моделью поиска перспективных позиций для мутации выходит в лидеры.

Сравним результаты myfuzzer с каждым фаззером, а также со средним значением работы всех фаззеров, чтобы получить комплексный показатель улучшения покрытия кода, который в меньшей степени зависит от количества найденных путей, а также приводит сравнение в каждый момент времени тестирования.

$D_{myfuzzer\text{-}afl\text{-}rb}$ = 1.0970873582528349 (улучшение на 9,7%) (7)

$D_{myfuzzer\text{-}afl\text{-}2.52b}$ = 1.2465592937246481; (улучшение на 24,7%) (8)

$$D_{myfuzzer\text{-}symfuzz} = 1.2486448374760994; \text{ (улучшение на 24,9\%)} \quad (9)$$

$$D_{myfuzzer\text{-}aflfast} = 1.2650475210363823; \text{ (улучшение на 26,5\%)} \quad (10)$$

Средний процент улучшения равен 21%.

В ходе выполнения работы был реализован длительный эксперимент по определению показаний от различных фаззеров, а также их реакцию на различные типы программ. Помимо сравнительной характеристики существующих фаззеров, был реализован метод на базе эволюционных алгоритмов, которые обучал распределение для генератора псевдослучайных чисел, которое задавало позиции для мутаций. Благодаря предложенному методу покрытие кода при тестировании с помощью фаззера увеличилось на 21%.

Появляется огромное поле для дальнейших исследований и деятельности. Фаззинг тестирование только проходит фазу своего становления и развития.

Литература

1. Саттон М., Грин А., Амини П. Fuzzing: исследование уязвимостей методом грубой силы // СПб: Символ-Полюс. – 2009. – 560 с.
2. Hertzfeld A. Monkey Lives / [Электронный ресурс]. – URL: http: / / www.folklore.org/StoryView.py?story=Monkey_Lives.txt. – режим доступа: свободный, (дата обращения: 02.03.2018).
3. Палюх Б. Тестирование программ с использованием генетических алгоритмов // Программные продукты и системы. – 2011. – №1. – С.107–110. – ISSN 0236-235X.



Москвин Михаил Константинович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра лазерных технологий и систем,
группа № В4216
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника
и лазерные технологии
e-mail: moskvin_mk@mail.ru

УДК: 535.421

УПРАВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ЗА СЧЁТ ЛАЗЕРНОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ

М.К. Москвин
Научный руководитель – к.т.н., н.с. Г.В. Одинцова

Работа выполнена в рамках ФЦП № 14.578.21.0197 «Разработка лазерной технологии формирования микрогеометрии поверхности конструкционных материалов с целью управления их физико-химическими свойствами» и темы НИР № 713553 «Разработка физических принципов и систем оптических, быстрых и защищенных коммуникаций и дистанционного зондирования объектов».

Лазерные технологии нашли свое применение в различных областях производства благодаря высокой точности и воспроизводимости. Их применяют в исследовательских и промышленных процессах, таких как резка, сверление отверстий, сварка, окисление и структурирование поверхностей материалов [1]. Лазерные системы позволяют обрабатывать изделия сложной формы из различных материалов с высокой производительностью. В рамках данной работы будет рассмотрено лазерное структурирование металлов за счет формирования поверхностных периодических структур (ППС) на поверхности и создании структурного цвета на их основе. Окрашивание поверхности в различные цвета за счет структурирования происходит без использования специальных красящих веществ, только за счет формирования упорядоченных структур, состоящих из микро- и наноразмерных элементов. Данный механизм окрашивания, в отличие от химического, основан только на оптических явлениях. Когда свет отражается от микро- и наноструктур на поверхности материала наблюдаются разнообразные цвета за счет явлений интерференции, дифракции или рассеивания волн. В природе такой механизм формирования цвета встречается довольно часто и уже существует примерно 500 миллионов лет у насекомых, птиц, рыб, морских моллюсков и растений [2].

Целью работы является: управление оптическими свойствами поверхности металлов в видимом диапазоне за счёт лазерного индуцирования поверхностных периодических структур.

Достижение данной цели осуществляется при помощи решения следующих задач:

- формирование и анализ топологии поверхностных периодических структур на нержавеющей стали 12Х18Н10Т при воздействии лазерного излучения наносекундной длительности;
- анализ влияния ППС на оптические свойства поверхности;
- разработка алгоритма и технологии системы записи и идентификации защитной метки со скрытой колориметрической информацией на основе формирования ППС.

В качестве экспериментальных образцов использовалась хромоникелетитановая

аустенитная нержавеющая сталь 12Х18Н10Т (толщина 0,5 мм, средняя арифметическая шероховатость R_a = 0,02 мкм, максимальная высота R_z = 0,18 мкм). Лазерное структурирование образцов осуществлялась на комплексе «МиниМаркер 2» на базе волоконного импульсного иттербиевого лазера с длиной волны λ = 1,07 мкм, длительностью импульсов τ = 100 нс. Лазерное пятно с диаметром в фокальной плоскости d = 50 мкм перемещалось по поверхности образца со скоростью $V_{ск}$ от 1 до 250 мм/с. Плотность мощности q варьировалась от $1 \cdot 10^7$ до $3 \cdot 10^7$ Вт/см^2. Воздействие проводилось как путем облучения каждой точки серией импульсов, так и за счет сканирования поверхности образца с шагом сканирования по осям X/Y: $M_{x/y} = V_{sc}/f$. Для контроля поляризации использовалась фазовая пластина λ/2, установленная после объектива.

В результате эксперимента были получены поверхностные периодические структуры, которые выстраиваются ортогонально поляризации лазерного излучения. Формирование данных структур связано с возбуждением ПЭВ, что приводит к формированию неоднородного распределения температуры по поверхности металла. Периодом структур составлял порядка 1 мкм, что соответствует длине волны лазерного излучения. Дальнейшее увеличение количества импульсов (при N>40) приводит к появлению псевдоупорядоченных структуры. Микрофотографии облученной поверхности представлены на рис. 1. Причины формирования подобных структур, состоит в наложении интерференционных полей, возбуждаемых в каждом импульсе.

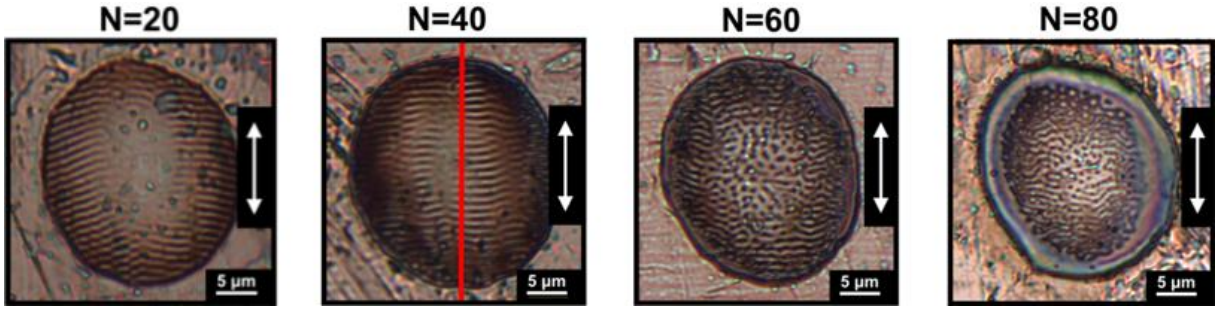


Рис. 1. Эволюция структур на поверхности стали после лазерного
Воздействия при следующих режимах лазерного воздействия: τ=100 нс, q=1,7*10^7 Вт/см^2.
Для N = 20 импульсов, 40, 60, 80, соответственно. Двухсторонняя стрелка
показывает направление поляризации лазерного излучения

Так же были обнаружены и другие периоды ППС при изменении угла падения лазерного излучения. Угол падения изменялся в пределах θ ≤ 30°. При увеличении угла падения θ значение периода ППС Λ увеличивалось. Наблюдаемые результаты хорошо согласуются с зависимостью (1) для периода распространения ПЭВ вдоль поверхности среды (3):

$$\Lambda = \lambda/(n - \sin\theta) \quad (1)$$

На основе экспериментальных исследований была сформирована методика нанесения и считывания идентификационных меток на основе ППС, подразумевающая задание определенного угла ориентации структур за счет управления поляризации лазерного излучения. На первом этапе каждой ориентации ППС присваивается цветовая координата. Создается калибровочный шаблон, в качестве структурных элементов которого выступают ППС с различной ориентацией. На втором этапе происходит формирование идентификационной метки с заданными колориметрическими параметрами (ориентацией ППС), критерий точности цветопередачи ΔEab*<5 вычисляется аналогично [4]. Осуществляется запись на изделие защитной

идентификационной метки. На третьем этапе метка считывается с помощью сканера. Происходит сравнение цветовых координат с цветовыми координатами шаблона и выносится решение об идентификации. В качестве иллюстрации технологии было сформировано изображение матрешки, с комбинацией как точечного воздействия так сканирования по поверхности (рис. 2).

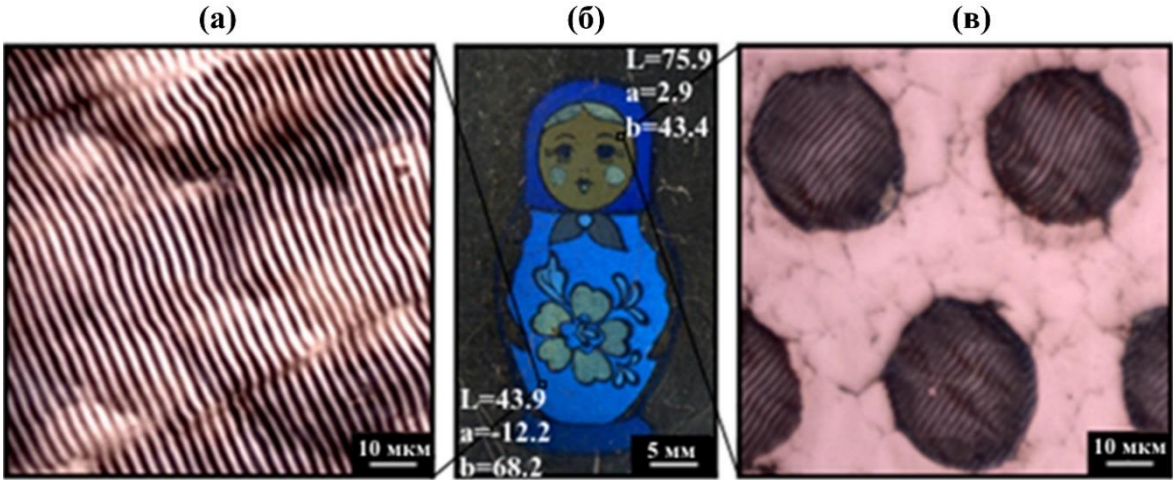


Рис. 2. Пример защитного знака, полученного путем комбинирования точечного воздействия и сканирования по поверхности, (а, в) микрофотографии различных областей окрашивания, (б) цифровое изображение сканирования

Используя модуль управления поляризации, возможно изменять вектор поляризации лазерного излучения между двумя последовательными импульсами. Происходит непрерывное выравнивание ориентации ППС в направлении вектора поляризации лазерного излучения. На рис. 3 показана микрофотография результирующих структур, которые были получены с теми же параметрами что использовались для состояний статической поляризации ($q=1,7*10^7$Вт/см^2, f = 35 кГц, M_x = 1,8 мкм и M_y = 9 мкм), но добавляется еще один параметр круговая скорость изменения вектора поляризации лазерного излучения $V_{пол}$.

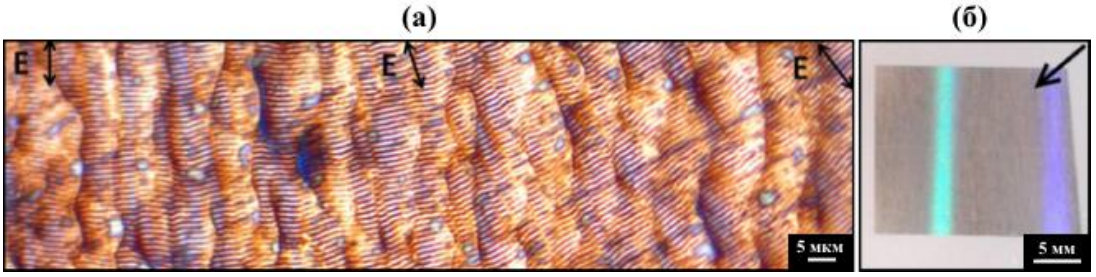


Рис. 3. Поверхность стали, полученная в режиме динамического изменения направления поляризации лазерного излучения. Параметры воздействия: $q=1,73*10^7$ Вт/см^2, F=35 кГц, M_x =1,8 мкм, M_y = 9 мкм, $V_{пол}$= 25 об/мин, (а) микрофотография (двухсторонние стрелки показывают изменения направления поляризации лазерного излучения), (б) фотография (стрелкой указано направление освещения)

При наблюдении данных структурированных поверхностей наблюдаются окрашенные полосы, что показано на рис. 3. При наклоне изображения наблюдатель видит движение полос от одного края к другому и обратно. При этом ширина наблюдаемых линий зависит от скорости поворота поляризации лазерного излучения и параметров воздействия, таких как скорость сканирования и частота следования

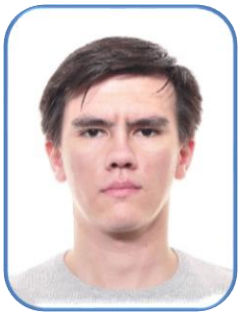
импульсов, что открывает возможность к визуальному изменению размера и формы наблюдаемого изображения, что в свою очередь добавит еще один структурный и визуальный параметр идентификации и повысит степень надежности защитной идентификационной метки.

Заключение. В настоящей выпускной квалификационной работе было исследовано лазерно-индуцированное формирование пространственных периодических структур и их влияние на оптические свойства поверхности металлов в видимом диапазоне. Показано управление параметрами формируемых структур при воздействии волоконным лазером с наносекундной длительностью импульсов.

В работе продемонстрирована технология маркировки поверхности металлов, основанная на формировании ППС без существенного изменения химического состава поверхности. На основе эффекта дифракции света на ППС были получены цветные элементы, плавно изменяющие цветовую гамму при изменении угла наблюдения. Данный метод имеет важное практическое значение для реализации системы защиты от фальсификации и маркировки продукции из нержавеющей стали и других металлов. При тщательной настройке структурных элементов достигаются хорошо считываемые и контрастные цвета, что позволяет комбинировать структурные элементы и создавать защитные информационные метки со скрытой информацией. Так же демонстрируется возможность создание динамических эффектов за счет динамического изменения ориентации ППС. Формируемая защитная идентификационная метка содержит визуально наблюдаемые и скрытые характерные признаки. К визуальным признакам относятся: записанные изображения с изменением цвета при рассмотрении под различными углами, наличие эффекта переключения цвета за счет изменение ориентации ППС, наличие эффекта движения отдельных элементов при наклоне изображения за счет динамического изменения ориентации ППС. К скрытым признакам относятся точное совпадение колориметрических координат при сравнении с ранее разработанным шаблоном в результате считывания изображений ($\Delta Eab < 5$), и наличие различных методов формирования структур по поверхности, таких как построчное сканирование по площади и точечное воздействие.

Литература

1. Вакс Е., Миленький М., Сапрыкин Л. Практика прецизионной лазерной обработки. – Litres, 2017.
2. Кричевский Г. Е. Структурная окраска //Химия и жизнь–XXI век. – 2010. – №. 11. – С. 13-15.
3. Ionin A. A. et al. Femtosecond laser color marking of metal and semiconductor surfaces //Applied Physics A. – 2012. – Т. 107. – №. 2. – С. 301-305.
4. J. Antończak, D. Kocon, M. Nowak, P. Kozioł, and K. M. Abramski, “Laser-induced colour marking–Sensitivity scaling for a stainless steel,” Appl. Surf. Sci. 264, 229–236 (2013)



Мухамеджанов Данияр Давлетович
Год рождения: 1992
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № N4250
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность
e-mail: mdonic92@gmail.com

УДК 004.421.5

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ AMD КОДОВ

Д.Д. Мухамеджанов
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.Б. Левина

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем управление, вычисления, безопасность».

Введение

Уязвимости в информационных системах позволяют злоумышленникам эксплуатировать персональные данные пользователей рассматриваемой информационной системы. Более того, если рассматривать современные устройства хранения и обработки цифровой информации персональных данных пользователей, то отсюда следует, что чем ниже уровень уязвимости, тем опаснее для пользователя она может быть эксплуатирована. Становится понятно, что нарушение безопасности микрокодов в аппаратной части устройств влекут за собой реализации атак с практически безграничным доступом к данным пользователя, путем снятия дампа памяти и других методов снятия ключей алгоритмов шифрования и т.д.

Также, в ряде криптографических протоколов и шифров используются генераторы случайных чисел для построения ключей шифрования как симметричных, так и ассиметричных. В зависимости, от требований системы или отдельного взятого модуля случайные числа, генерируемые, разными способами должны быть абсолютно случайными, то есть не требующими повторения чисел и псевдослучайными, то есть при одинаковых условиях, генератор должен выводить одно и тоже число.

Один из алгоритмов основан на линейном конгруэнтном методе. Линейные конгруэнтные генераторы основаны на следующих рекуррентных формулах (1):

$$X_{n+1} = (aX_n + c)\, mod\, m, n \geq 0, m > 0, 0 < a < m \quad (1)$$

Значение $m > 0$ называется модулем, a - множителем, и c - аддитивная постоянная.

Очевидно, что последовательность имеет максимально возможный период равный m, после чего она начинает повторяться.

Так называемые запаздывающие генераторы Фибоначчи также широко используются. Их можно описать следующей формулой (2):

$$.X_n = (X_{(n-r)} \circ X_{(n-p)})\, mod\, m \quad (2)$$

Числа r и p называются запаздываниями и существуют определенные методы их выбора.

Оператор ∘ может быть одним из следующих двоичных операторов: сложение, вычитание, умножение или исключающее или.

С точки зрения аппаратной реализации как линейно конгруэнтные, так и запаздывающие генераторы Фибоначчи не эффективны с точки зрения микропроцессоров и времени, когда нужно применить ГПСЧ для распределенных машин и параллельных вычислений, для встроенных тестировщиков или для других приложений на этом уровне.

Третьим широко распространенным типом генератора является так называемый генераторы с линейной обратной связью (LFSR).

Псевдослучайная последовательность порождается линейным уравнением рекурсии:

$$X_n = \left(c_1 X_{(n-1)} + c_2 X_{(n-2)} + \cdots + c_k X_{(n-k)}\right) mod 2 \quad (3)$$

Линейные регистры сдвига обратной связи являются распространенными генераторами среди физиков и компьютерных инженеров. При сравнении с эквивалентными генераторами на основе клеточных автоматов (КА) [1], они менее эффективны; кроме того, они менее применимы с точки зрения возможности внедрения и отладки, хотя область, необходимая для ячейки КА, немного больше, чем для ячейки LFSR [2].

Представленный алгоритм ГПСЧ сочетает в себе преимущества скорости работы клеточных автоматов на двумерной плоскости, простоты реализации, как совокупности нескольких автоматов Мура с инициированными начальными состояниями, непредсказуемости и сложности повторения извне благодаря нескольким подходам по изменению принципов работы классического клеточного автомата, генерирующего псевдослучайные числа, таких как:

- применение нескольких шаблонов соседства;
- применение нескольких независимых друг от друга клеточных автоматов;
- осуществление переходов различных клеточных автоматов по различным наборам правил;
- расширение наборов правил, исходя из взаимодополнения количества единиц и нулей для статистически нормального распределения;
- рассматриваемый алгоритм протестирован и применен в области AMD кодов [3].

Алгоритм

Основная функция представленного алгоритма состоит в том, что он может генерировать псевдослучайные последовательности чисел. Возьмем сетку, где каждая ячейка имеет только два состояния: 0 и 1 и состояния меняются некоторой функцией.

Первый шаг алгоритма будет заключаться в разделении сетки на m блоков, которые формируются как двумерные параллелепипеды (прямоугольники) b_i с размерами l_{bi} и w_{bi} ($i \geq 2$), и каждый из произвольно поделенных блоков состоит из $l_{bi} * w_{bi}$ клеток. Разделение блоков должно быть не равномерным для улучшения свойств ГПСЧ. Важно понимать, что блоки, в свою очередь, хоть и являются подмножеством исходной сетки, но, в то же время, и сами – сетки для генерации последовательностей.

Вторым шагом будет заполнение начальной конфигурацией сетки автомата. Выбрав произведение сторон прямоугольников блоков $l_{bi} * w_{bi}$ как начальную конфигурацию, необходимо заполнить ячейки таким образом, чтобы в каждой ячейке располагался один бит (состояние 0 или 1).

NESW. Метод такого движения носит название по сторонам света (North, East, South, West). Суть способа в том, чтобы заполнять сетку блока согласно направлениям сторон света, то есть мы циклически заполняем битами полученного числа сетку,

начиная с левого нижнего угла, двигаясь сначала вверх, затем вправо, вниз и влево до конца сетки (или до заполненной ячейки).

Для лучшего понимания приведем небольшой пример заполнения произвольной сетки размером 4*5, следовательно, число которым мы должны заполнять сетку – 20, что в двоичном представлении - 00010100.

Третий шаг. Окрестности ячейки (множество ячеек, окружающих её и влияющих на её состояние) при наличии нескольких блоков, могут быть также выбраны произвольно, несколько разных для нескольких блоков.

Четвертый шаг. Равно как и шаблоны соседства, правила могут отличаться в разных блоках, и даже могут быть больше количества блоков в исходной сетке. Для предложенного алгоритма могут использоваться правила нотации Вольфрама [4] или произвольные правила, основанные на конечном множестве логических операций с битами (рисунок).

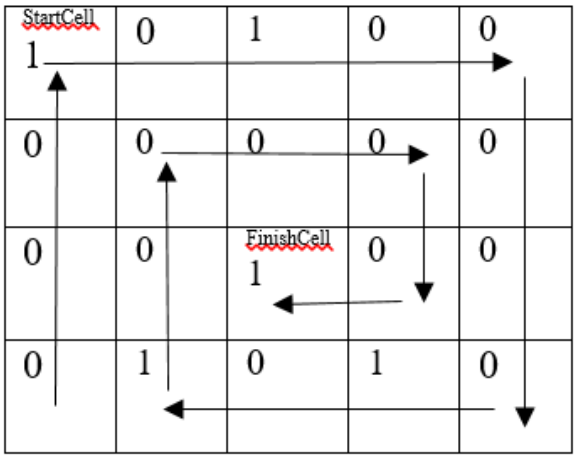


Рисунок. Пример заполнения сетки КА размерностью 20 способом NESW

Таким образом, объединяя вышеназванные шаги, получим алгоритм генерации псевдослучайных чисел.

Применения в теории кодирования обозреваемого генератора случайных чисел может быть направлено на генерацию псевдослучайного числа для проверки надежности и правильного декодирования исходного кодового слова в терминах AMD кода. Первую часть кодового слова оставим информационной, а вторую сгенерируем на описанном алгоритме. Так как алгоритм генерирует целые положительные числа любой длины, то это удовлетворяет условиям AMD кодов (вторая часть слова должна быть выбрана вероятностно из конечной абелевой группы). Преимущество перед другими алгоритмами генерации является скорость, удобство реализации, а также близость к равномерному распределению, необходимому для условия выбора случайной части в AMD кодах. В дальнейших главах будет проведен сравнительный анализ рассматриваемого алгоритма с подобными.

Тестирование и результаты

Было проверено около 1000 различных вариаций правил и шаблонов соседства и были выделены самые устойчивые и эффективные среди них. Далее речь пойдет о наиболее успешной модели. Итак, была использована исходная сетка размером 307*53 (p=307, q=53). Она была разбита на 6 неравных блоков. Шаблоном соседства была выбрана одномерная окрестность с радиусом r=1.

Для каждого блока было взято свое правило, набор правил был следующим: 45,75,89,101,135,86. На языке C++ было написано ядро программы ГПСЧ на основе КА

с помощью IDE Visual Studio 2015, результатом работы которой был выходной текстовый файл с последовательностью битов (≥1000000), так как требования пакета NIST test suite не позволяли проверять последовательность меньшей длины. Далее текстовый файл с последовательностью проверялся программным пакетом NIST test suite [5] и на выходе печатались различные показатели статистических тестов. Ниже в таблице приведены показатели теста в сравнительной характеристике.

В данной работе был представлены разработанный алгоритм генерации псевдослучайных чисел на основе клеточных автоматов, а также проведены практические тесты с помощью набора статистических тестов для ГСЧ и ГПСЧ от NIST. Теоретическая часть алгоритма ГПСЧ подробно описывает принцип работы разработанного алгоритма, его математическую модель, свойства, применяемые в разработке и лежащие в основе генератора математические модели и понятия, области применения данного алгоритма.

Таблица

Сравнение по тестам NIST

CA		Linear Congruential		Statistical test
P-value	Proportion	P-value	P-value	
0.744146	99.6%	0.739918	99.8%	Frequency
0.380537	99.4%	0.122325	99.0%	BlockFrequency
0.734146	99.9%	0.689918	100%	CumulativeSums
0.428244	98.5%	0.213309	98.7%	Runs
0.383827	99.1%	0.122325	98.1%	LongestRun
0.702458	99.0%	0.213309	99.0%	Rank
0.650637	98.5%	0.639918	100%	FFT
0.433358	98.7%	0.578346	98.4%	NonOverlappingTemplate
0.632191	100%	0.350485	100%	OverlappingTemplate
0.414862	98.3%	0.213309	98.3%	Universal
0.778903	99.1%	0.791468	100%	ApproximateEntropy
0,610977	98.8%	0.534146	99.2%	RandomExcursions
0,633388	99.2%	0.468312	100%	RandomExcursionsVariant
0.651956	99.3%	0.615983	100%	Serial
0.730485	100%	0.213309	100%	LinearComplexity

Литература

1. Кудрявцев В. Б., Подколзин А. С. Клеточные автоматы //Интеллектуальные системы. – 2006. – Т. 10. – №. 1-4. – С. 657-692.
2. Tomassini M., Sipper M., Perrenoud M. On the generation of high-quality random numbers by two-dimensional cellular automata //IEEE Transactions on computers. – 2000. – Т. 49. – №. 10. – С. 1146-1151.
3. Cramer R., Padró C., Xing C. Optimal algebraic manipulation detection codes in the constant-error model //channels. – 2014. – Т. 10. – С. 2.
4. Wolfram S. Random sequence generation by cellular automata //Advances in applied mathematics. – 1986. – Т. 7. – №. 2. – С. 123-169.
5. Rukhin A. et al. A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic applications. – Booz-Allen and Hamilton Inc Mclean Va, 2001.



Назарова Анастасия Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии
и безопасности жизнедеятельности,
группа № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail: naz.nastasya@gmail.com

УДК 502.34

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ НЕПРИЯТНО-ПАХНУЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

А. В. Назарова
Научный руководитель – к.т.н., зав. кафедрой, О.И. Сергиенко

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

Запахи играют ощутимую роль в общем загрязнении атмосферы. Появление запахов служит индикатором присутствия определенной концентрации не приятно-пахнущих веществ в атмосферном воздухе и является поводом для жалоб со стороны населения, даже если по данным загрязняющим веществам соблюдается установленная предельно-допустимая концентрация.

В последние годы число жалоб стороны населения с просьбами устранить неприятные запахи в районах проживания постоянно растет. Основными источниками запаха в атмосферном воздухе являются полигоны твердых бытовых отходов, нерекультивированные полигоны с осадком сточных вод, а также промышленные предприятия по производству бытовой химии, животноводческие фермы, птицефабрики, перерабатывающие комбинаты и т.д. Первое место в России в списке предприятий, запахи которых раздражают население больше всего, по данным Росприроднадзора, занимают кондитерские фабрики.

К запахам, которые вызывают негативные ощущения, от деятельности кондитерских фабрик относятся искусственные запахи, которые оказывают продолжительное и непрерывное воздействие на человека. Это связано с тем, что некоторые вещества, содержащиеся в выбросах, могут обладать наркотическими свойствами. Такие вещества присутствуют в летучих компонентах ароматизаторов для производства жевательной резинки, исследование которых приводится в данной работе. В их состав входит большой спектр веществ, включая, например, терпеноиды, которые по общему характеру влияния на здоровье человека близки к действию летучих наркотиков (углеводородов, эфиров и др.). В высоких концентрациях их пары также действуют наркотически, часто отмечаются поражения почек (нефриты). Даже невысокие приятно действующие концентрации этих веществ могут вызвать головную боль, головокружение и даже невралгию. Сложные эфиры также обладают наркотическими свойствами. Они часто гидролизуются в организме, поэтому характер их действия зависит от образующихся на их основе кислот и спиртов.

В настоящей работе исследуется проблема неприятно-пахнущих веществ в

атмосферном воздухе, образующихся вследствие деятельностикондитерской фабрики, методом ольфактометрии. Целью работы являлась разработка рекомендаций по уменьшению негативного воздействия запаха на население, проживающего вблизи предприятия.

Следует отметить, что в Российской Федерации отсутствует норматив содержания запаха (ЕЗ/м^3) в атмосферном воздухе и, соответственно, не существует утвержденных предельно-допустимых концентраций запаха. Однако некоторые шаги в этом направлении были предприняты. Комплексы работ по исследованию запахов проводятся АО «НИИ Атмосфера» методом ольфактометрии. Ольфактометрия – измерение отклика испытателей на обонятельный стимул [1]. Ольфактометрия представляет собой метод измерения запаха по степени воздействияна человека.

Европейский стандарт EN 13725 указывает на метод объективного определения концентрации запаха в пробе газа, используя динамическую ольфактометрию и скорость эмиссии запахов, исходящих от источников запаха. Единицей измерения является Европейская единица запаха на кубический метр $ou_E/м^3$. Концентрация запаха измеряется через определение фактора разбавления, необходимого для достижения порога обнаружения.

При анализе результатов измерений концентрации запаха необходимо также опираться на опыт регулирования выбросов запаха в других странах, где нормирование запахов стало общепринятой практикой. Как правило, в разных странах норматив запаха не является фиксированной на национальном уровне величиной и устанавливается в зависимости от разных причин. К ним относятся источник и природа запаха, количество жалоб населения, особенности территории возникновения запаха, а также плотность населения в месте распространения запаха.

Согласно литературным данным, норматив запаха в атмосферном воздухе, установленный по результатам рассеивания выбросов запаха, обычно составляет 2-15 ЕЗ/м^3 [2 – 5]. Как правило, на территории крупного города рекомендуемое значение норматива запаха устанавливают равным порядка 3-5 ЕЗ/м^3.

В данной работе приведены реузультаты инвентаризации четырнадцати источников выбросов запаха, ольфактометрическое исследование выбросов запаха, концентрации запаха с помощью ольфактометра ECOMA (Германия) в соответствии с европейским стандартом EN 13725, а также измерения суммарных концентраций летучих компонентов ароматизаторов с помощью газоанализатора ГАММА ЕТ на одной из кондитерских фабрик Санкт-Петербурга.

С помощью ольфактометрического метода измерены концентрации запаха в отобранных пробах в диапазоне от 400 до 24000 ЕЗ/м^3. С помощью газоанализатора ГАММА ЕТ измерены суммарные концентрации летучих компонентов ароматизаторов в отобранных пробах в диапазоне от 3 до 100 мг/м^3.

На основе анализа полученных результатов проведено сравнение зависимостей логарифма концентраций запаха от концентраций летучих компонентов ароматизаторов, измеренных в настоящей работе и взятых из тома ПДВ предприятия. Какая-либо связь между указанными концентрациями не прослеживается. В то же время была установлена линейная зависимость интенсивности запаха от его концентрации (рисунок).

На основе измеренных параметров газовоздушной смеси и концентраций запаха в отобранных пробах рассчитаны мощности выбросов запаха (ЕЗ/с) от выбранных источников.

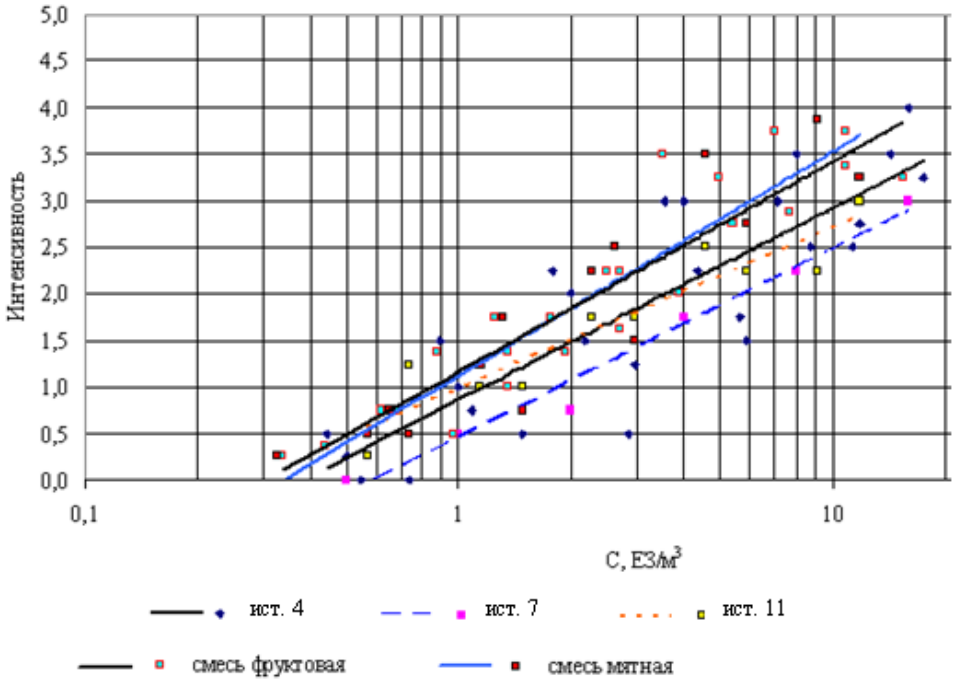


Рисунок. Линейная зависимость интенсивности запаха от его концентрации

Полученные результаты позволили выявить три источника (№ 11, №12 и №14), которые вносят наибольшей вклад в загрязнение атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и жилой зоны. Суммарная доля этих источников составляет около 70 %, при этом около 40% вносит источник №11, около 20% – источник №12 и 10% – источник №14.

На основе расчета рассеивания выбросов запаха от данных источников в атмосферном воздухе в окрестностях предприятия были установлены нормативы запаха для двух композиций – мятной и фруктовой. Расчетная концентрация запаха на границе СЗЗ в среднем составляет 21 Е3/м3, на границе жилой зоны 1 – 3,3 Е3/м3 и 2 – 6,1 Е3/м3. Была установлена зависимость интенсивности запаха от его концентрации, согласно ей в области 2, расположенной на расстоянии 800м от границы предприятия, при неблагоприятных метеоусловиях большая часть населения почувствует слабый запах, а наиболее чувствительная часть населения - отчетливый запах. Население, проживающее в области 1, расположенной на расстоянии 1500м от границы предприятия, может почувствовать отчетливый запах, а наиболее чувствительная часть населения - сильный запах. По результатам расчета норматива запаха значение максимальной разовой ПДК запаха составило 0,38 Е3/м3 для мятной композиции и 0,64 Е3/м3 для фруктовой композиции.

В соответствии с определением единицы запаха в одном метре кубическом (концентрация запаха, который чувствуют более 50% испытуемых) полученное нормативное значение концентрации запаха мятной композиции (0,38 Е3/м3) могут ощутить только 19% населения, а фруктовой композици (0,63 Е3/м3) ощутят 32%. Полученное значение норматива запаха не установлено ни в одной из зарубежных стран, поскольку, хотя и создает комфортные условия проживания населения, сложно достижимо с практической точки зрения.

На основе полученных результатов были разработаны следующие рекомендации по снижению негативного воздействия запаха на близлежащую жилую застройкуот источников, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны – внедрение многоступенчатой очистки от выбросов

запаха с комбинированием нескольких методов очистки от пахучих соединений с помощью метода плазмокаталитической очистки, который включает в себя три ступени: противопылевую, плазмохимическую и каталитическую.

В масштабах страны наиболее актуальной проблемой остается отсутствие гигиенического нормирования запаха. Проведение подобных исследований - процедура трудоемкая и дорогостоящая, что ограничивает возможности многих предприятий ее проводить. Однако количество жалоб населения на неприятный промышленный запах и плохое самочувствие растет, поэтому данная проблема требует решения на законодательном уровне.

Для решения проблемы должны быть предприняты следующие меры:

– Определение перечня пахучих веществ;
– Снижение нормативов ПДКм.р. по данным веществам или установление их норматива запаха при благоприятных и неблагоприятных климатических условиях;
– Увеличение границы СЗЗ для предприятий, имеющих пахучие вещества в перечне загрязняющих веществ по проекту ПДВ;
– Организация мер по предупреждению появления запахов;
– Установление перечня мероприятий по снижению запаха и сроков их соблюдения;
– Разработка программы мониторинга запаха;
– Создание регламента реагирования на выявленные случаи образования запахов;
– Проведение анализа инцидентов, связанных с появлением запаха, а также распространения информации о подобных происшествиях и мерах по их устранению среди заинтересованных лиц

Установление норматива запаха и разработанные в настоящей работе рекомендации для фабрики по производству кондитерских изделий можно рассматривать в качестве первого шага для предотвращения жалоб населения, который не только поможет избежать штрафных санкций и внеочередных проверок, но и повысить имидж предприятия.

Литература

1. Европейскийстандарт EN 13725. - Air quality. - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. - 2003.
2. Technical framework. Assessment and management of odour from stationary sources in NSW, November 2006.
3. Японскийстандарт Olfactory Measurement Method in Japan.
4. Австралийскийиновозеландскийстандарт AS/NZS 4323:3:2001 Stationary Source Emissions - Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry.
5. Индийскийстандарт Guidelines on odour pollution & its control CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD. Ministry of Environment & Forests, Govt. of India PariveshBhawan, East Arjun Nagar, Delhi - 1100/32.- 2008.



Никифоровский Данила Алексеевич
Год рождения: 1988
Факультет Лазерной и световой инженерии,
кафедра световодной фотоники,
группа № В4273с
Направление подготовки: 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи
e-mail: dantrek@yandex.ru

УДК 004.023

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ РОЯ ЧАСТИЦ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПОКАЗАНИЯ ВОД

Д.А. Никифоровский
Научный руководитель – к.т.н., И.Г. Дейнека

Семейством одних из наиболее чувствительных систем измерения на данный момент являются волоконно-оптические фазовые датчики интерферометрического типа. Интерферометрия является очень чувствительным методом измерения различных параметров, поскольку весь динамический диапазон измерения может быть просканирован изменением фазы в π радиан, вызванным разностью оптических путей в λ/2 (т.е., для длины волны 1550 нм, изменение составляет величину меньше микрона) [1]. Одним из основных направлений развития волоконно-оптических фазовых датчиков последнего десятилетия является разработка датчика угловой скорости (волоконно-оптического гироскопа). Принцип оптического гироскопа впервые был продемонстрирован Саньяком в 1913 году [2], и заключается в том, что во вращающемся кольцевом интерферометре одна встречная волна приобретает фазовый сдвиг относительно другой встречной волны, который прямо пропорционален угловой скорости вращения, площади, охватываемой интерферометром, и обратно пропорционален длине волны. Главная проблема заключается в том, что при кажущейся простоте прибора и высокой чувствительности его к угловой скорости вращения он в то же время чрезвычайно подвержен различным внешним воздействиям. К таким воздействиям относятся: изменения и пространственные неравномерности температуры, акустические шумы и вибрации, переменные электрические и магнитные поля и т.д. К тому же, на чувствительный элемент могут воздействовать сразу несколько факторов, например, магнитное поле, механическое давление и температура. В таком случае определить влияние на датчик каждого фактора в отдельности становится трудной задачей. Кроме того, воздействие внешних факторов может распространяться и на все остальные элементы волоконно-оптического датчика: источник излучения, поляризатор (деполяризатор), разветвитель, интегрально-оптический модулятор и другие элементы. Одной из наиболее трудных задач компенсации связана с влиянием теплового воздействия. В процессе эксплуатации в рабочем диапазоне температур ВОГ испытывает широкодиапазонную и динамическую тепловую нагрузку, которая оказывает значительное влияние на его выходную характеристику [3, 4].

Целью работы является разработка системы компенсации влияния внешней среды, в том числе теплового воздействия, на показания волоконно-оптических датчиков с применением алгоритмов оптимизации роя частиц для повышения точностных характеристик приборов.

Использование актуальных ПЛИС в качестве вычислительной платформы, позволяет реализовывать с необходимым быстродействием современные алгоритмы,

выполнение которых на персональных компьютерах нецелесообразно из-за отсутствия специализированных инструкций, выделения части ресурсов под нужды операционной системы и т.д. На сегодняшний день малые размеры и энергопотребление ПЛИС, вкупе с возможностями конвееризации, параллелизации и разработки выделенных линий обработки, делают их идеальной платформой для встраиваемых систем и, как следствие, для использования в сложных измерительных приборах.

Представим показания прибора $\Omega_{\text{приб}}$ в виде суммы истинного значения $\Omega_{\text{ист}}$ и искажений, вносимых факторами T_i (1):

$$\Omega_{\text{приб}} = \Omega_{\text{ист}} + k_1 T_1 + k_2 T_2 + \cdots + k_n T_n \quad (1)$$

Тогда, в наиболее общем смысле, при отсутствии каких-либо начальных данных, задача компенсации показаний заключается, в первую очередь, в определении тех факторов T_j, которые влияют на показания прибора. В рамках задачи компенсации теплового воздействия такими факторами могут быть, например, абсолютные значения температуры, производные температур, степенные функции от абсолютных значений температуры или, например, произведение температуры датчику 1 на производную температуры датчика 2. Когда сами факторы T_j, вносящие вклад в искажение сигнала определены, то дальнейшая задача полностью сводится к поиску значений k_i.

В рамках проведенного исследования было проведено изучение особенностей использования роевых алгоритмов, в том числе алгоритма PSO, области его применения и теоретических сведений о механизме его работы.

Алгоритм роя частиц (также метод роя частиц) – один из алгоритмов роевого интеллекта, то есть многоагентный метод, при котором из относительно несложных правил индивидуального поведения следует групповое поведение, позволяющее решать задачи анализа данных. Алгоритм роя частиц предназначен для решения задачи оптимизации.

В Методе Роя Частиц каждый из независимых агентов обладает следующими свойствами [5]:

- $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3, \dots x_n)$ – положение агента в пространстве поиска, где n – размерность пространства поиска (количество аргументов оптимизируемой функции);
- $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3, \dots v_n)$ – вектор скорости частицы;
- $\vec{p} = (p_1, p_2, p_3, \dots p_n)$ – то положение данного агента, в котором было наилучшее (для определённости положим, что задача состоит в поиске минимума, поэтому «наилучшее» будет означать «наименьшее») значение.

Также у всех агентов есть знание о точке $\vec{g} = (g_1, g_2, g_3, \dots g_n)$, в которой значение функции оптимизации является наименьшим для всех агентов.

Правила перемещения Метода Роя Частиц сравнительно просты. Каждую итерацию высчитывается новое значение скорости

$$\overrightarrow{v'} = \omega\vec{v} + \varphi_1 r_p(\vec{p} - \vec{x}) + \varphi_2 r_p(\vec{g} - \vec{x}), \quad (2)$$

где $\omega, \varphi_1, \varphi_2$- постоянные коэффициенты, выбираемые разработчиком алгоритма, r_p, r_g – равномерно распределённые случайные величины в диапазоне [0;1].

Значение положения на каждую следующую итерацию вычисляется, как

$$\overrightarrow{x'} = \vec{x} + \vec{v} \quad (3)$$

После чего, вычисляется значение функции оптимизации $f(\overrightarrow{x'})$, и, если $f(\overrightarrow{x'}) < f(\vec{p})$, то положение частного наилучшего обновляется:

$$\vec{p} = \overrightarrow{x'} \tag{4}$$

После того, как положения всех агентов были обновлены, производится проверка и обновление положения общего наилучшего.

Для экспериментального изучения алгоритма роя частиц, определения наиболее важных параметров, а также для решения других поставленных в работе задач, в среде MATLAB была построена модель системы, компенсирующей влияние теплового воздействия на показания ВОГ. Наличие такой системы, разбитой на независимые подпрограммы загрузки данных, вычисления функции оптимизации, непосредственно алгоритма PSO и визуализации используемых данных, сделало возможным дальнейшее исследование влияющих на работоспособность параметров и, впоследствии, выбор подходящих для решения задачи термокомпенсации значений.

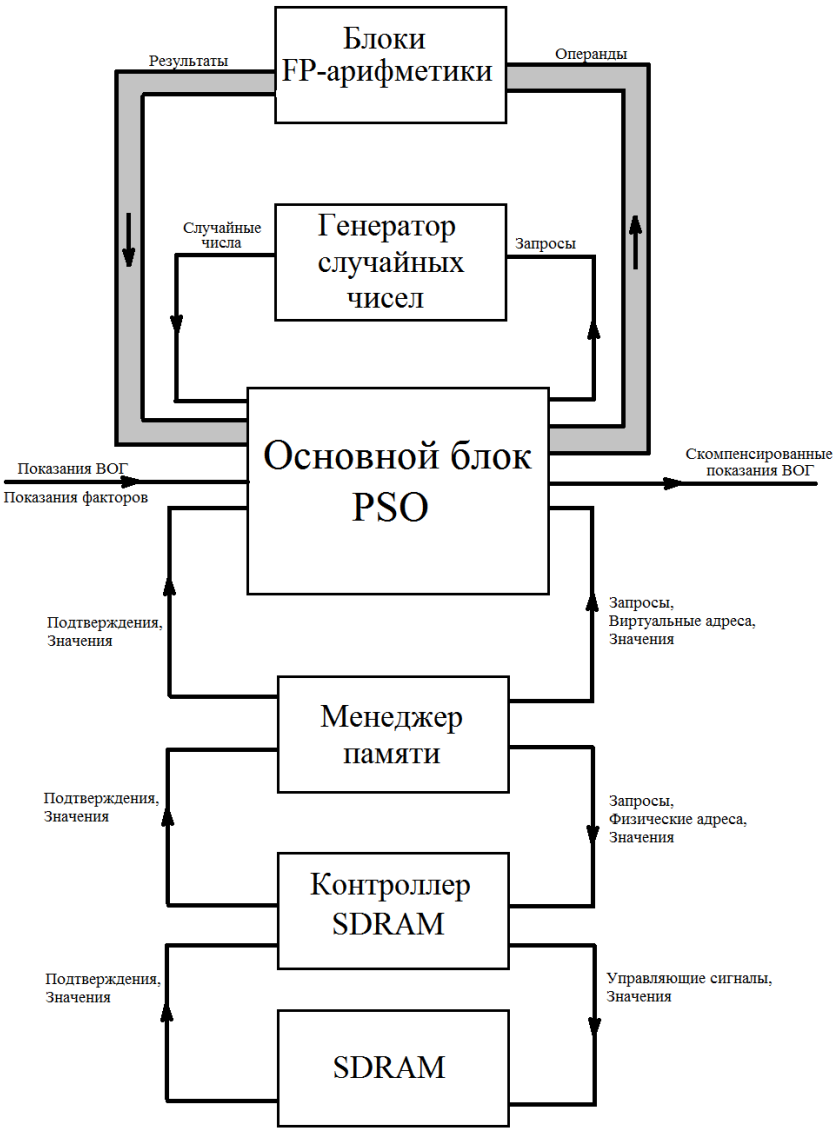


Рис. 1. Принципиальная схема взаимодействия блоков системы

При решении задачи выбора функции оптимизации было проведено изучение способов определения доли искажений, вносимых сторонними факторами в показания ВОГ. В результате обзора известных критериев независимости величин в качестве функции оптимизации была выбрана сумма значений условной энтропии.

В ходе работы была реализована система, структурная схема которой представлена на (рис. 1). Основной блок PSO представляет собой конечный автомат, реализующий работу метода роя частиц. В группу «блоки FP-арифметики», изображённую на рисунке, входят отдельные IP-ядра [6], реализующие арифметические операции. В роли входных данных выступают показания гироскопа, показания датчиков, измеряющих влияющие факторы (температуру и производную температуры), флаг поступления нового отсчёта данных. Из памяти SDRAM в систему поступают соответствующие запрашиваемым системой величинам 16-битные посылки, а также сигналы завершения чтения/записи. Выходными данными системы являются скорректированные показания гироскопа. В память SDRAM посылаются управляющие сигналы, запросы на чтение/запись и соответствующие посылаемым системой величинам 16-битные посылки.

В результате испытаний разработанной системы, были получены следующие результаты:

a) на всех этапах тестирования скорректированный сигнал, полученный на выходе системы, реализованной на ПЛИС, совпал с сигналом, вычисленным моделью в среде MATLAB, что говорит о корректности аппаратной реализации;
b) при использовании в качестве входного набора данных результатов испытаний ВОГ на неподвижном основании, был получен скорректированный сигнал, в котором влияние теплового воздействия было скомпенсировано:

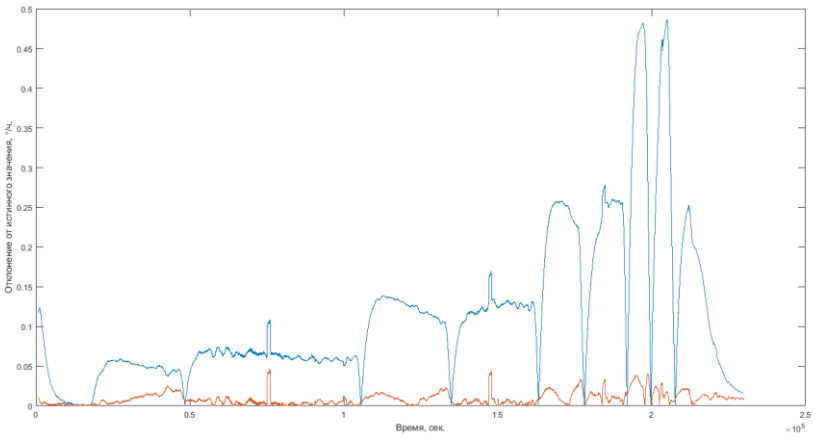


Рис. 2. Отклонения показаний ВОГ от истинного значения до и после компенсации

Одним из направлений дальнейшей работы является исследование эффективных способов обновления хранящихся в памяти наборов данных, используемых для оптимизации (показания прибора, значения факторов), с учётом процессов старения ВОГ и требований к содержащейся в данных статистической информации.

Поскольку метод роя частиц в рамках оптимизации находит только коэффициенты для заранее определённого набора факторов, возможности термокомпенсации сильно зависят от того, каким именно является набор. Дальнейшей развитие идей алгоритмической компенсации теплового воздействия на сигнал ВОГ подразумевает использование других систем искусственного интеллекта (например, нейронных сетей) для точной идентификации факторов, влияние которых будет скомпенсировано алгоритмом роя частиц.

Литература

1. Lefevre H.C. Fiber Optic Gyroscope – London: Artech House, 1992. – 314 c.
2. Burns W. K. Fiber Optic Gyroscopes – Light is Better // Optics & Photonics News. – 9(5), 28. – 1998.
3. Шарков И.А. Исследование и пути компенсации тепловых воздействий на сигнал волоконно-оптического гироскопа. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, диссертация – 2013.
4. Рупасов А.В. Исследование метода локального температурного воздействия и его применение для компенсации дрейфа волоконно-оптического гироскопа. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, диссертация – 2014.
5. Kennedy, J.; Eberhart, R. (1995). "Particle Swarm Optimization". Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks. IV. pp. 1942–1948.
6. Floating-Point IP Cores User Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.altera.com/en_US/pdfs/literature/ug/ug_altfp_mfug.pdf, своб.



Николаи Яна Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
кафедра вычислительной техники,
группа № P4212
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: yananikolai@gmail.com

УДК 004.032.26

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОРЯДЕ

Я.В. Николаи
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Тропченко

Автоматизированный анализ видеоряда может быть применим в различных сферах деятельности человека: видеонаблюдении, системах безопасности, роботизированных системах, развлекательных приложениях. В последнее время такие приложения все чаще разрабатываются с применением нейронных сетей. Однако по информации из открытых источников большая часть этих систем использует признаки, извлекаемые только из одного кадра видео, игнорируя временные изменения объекта или его движение. Временные признаки помогут, например, определить пол или возраст человека по походке. Таким образом, целью данной работы являлась разработка метода распознавания объектов в видеоряде, учитывающего изменения признаков объекта во времени.

Задача распознавания образов подразумевает классификацию входных данных на основе извлекаемых характерных признаков. Для упрощения вычислений было решено разрабатывать архитектуру нейронной сети, которая выполняет классификацию видеоряда по присутствующему в нем объекту. Далее представлены положения, лежащие в основе предлагаемого подхода.

1. В зрительной коре головного мозга выделяют Вентральный путь, который формирует представление о внешнем виде объекта, и Дорсальный путь, формирующий представление о характере движения объекта на основе признаков, извлеченными некоторыми зонами вентрального пути [1]. Поэтому стоит отдельно извлекать пространственные и временные признаки.
2. Извлечение сначала пространственных признаков позволит ускорить обучение. Соответственно за основу для разрабатываемого подхода взята архитектура, в которой рекуррентная сеть применяется к выходам сверточной сети [2].
3. Точность предсказания повышается, когда для классификации изображений используются низкоуровневые и высокоуровневые признаки, получаемые сверточной сетью [3]. Следовательно, стоит использовать низкоуровневые признаки в разрабатываемом подходе.
4. В соответствии с механизмами внимания в мозге стоит рассматривать более детально те части изображения, где предположительно находится объект. Если в определенной точке на различных картах признаках будут присутствовать высокие значения, скорее всего объект находится в зоне, из которой данная точка была получена сверткой [4].

На рис. 1 схематически представлена структура разработанной нейронной сети.

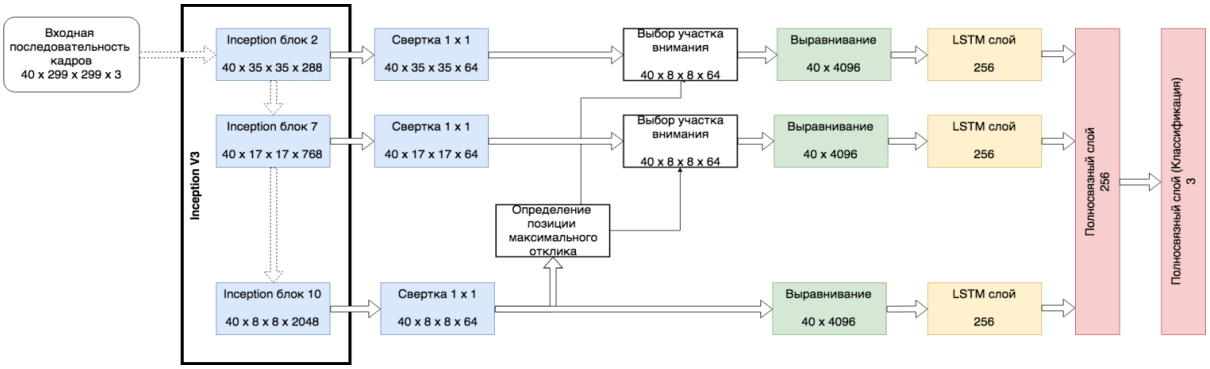


Рис. 1. Предлагаемая архитектура нейронной сети

В качестве основы для извлечения пространственных признаков было решено использовать модель InceptionV3 [3], так как она показывает достаточно высокие результаты в задачах распознавании изображений при относительно небольшом количестве параметров. Для извлечения временных признаков был использован рекуррентный слой с ячейками LSTM по причине того, что этот тип ячеек позволяет запоминать более длинные последовательности. Чтобы уменьшить размер входа для LSTM слоя используются свертки 1x1. Такой подход позволяет уменьшить количество карт признаков до 64. Данные слои будут обучаться. Позицией максимального отклика было решение считать точку на двумерной плоскости, для которой среднее значение на всех картах признаков максимально. Позиция максимального отклика определяется на выходе из последнего слоя субдискретизации последнего Inception блока. Далее вокруг позиции максимального отклика для карт признаков близких ко входу уровней вырезается окно 8x8. Таким образом на вход каждому рекуррентному слою подается массив признаков размером 40 x 4096 элементов. На рекуррентном слое используется 256 нейронов, что относительно немного, но позволит ускорить обучение. Выходы из рекуррентных слоев агрегируются в полносвязном слое. Завершающий полносвязный слой выполняет классификацию видеопоследовательности.

Для реализации модели был использован фреймворк Keras языка Python, так как он в нем реализованы и удобны для использования многие структурные элементы нейронных сетей. Так же фреймворк позволяет загрузить модель Inception V3 уже обученную на наборе данных ImageNet. Зачастую для решения задач, связанных с обработкой изображений, исследователи берут такую уже обученную модель. Для данной модели размер входного изображения должен быть равен 299x299. Для применения стохастического градиентного спуска размер мини-батча был выбран 16 видеопоследовательностей так как во многих рассмотренных работах применялся именно такой. Для упрощения обработки использовались видеоряды одинаковой длины равной 40 кадров в соответствии с рассмотренными работами.

Для обучения был подготовлен специальный набор данных, собранный на основе набора Youtube Objects. Данные видеопоследовательности представляют собой кадры из документальных фильмов, поэтому предварительно вручную были выбраны кадры, на которых присутствует распознаваемый объект. В силу ограниченности ресурсов было принято решение производить классификацию по трем категориям: птица, кот и корова. По этой же причине было использовано по 200 видеопоследовательностей длиной 40 кадров для обучающей выборки и по 50 видеопоследовательностей для валидационной.

Для валидации модели было принято решение сравнить ее с существующим методом Long-term Recurrent Convolutional Networks [2]. Ожидалось, что точность на разработанном в данной работе методе будет выше, чем на базовом. Базовый метод представляет собой рекуррентную сеть размером 256 элементов, на которую подаются признаки от предпоследнего полносвязного слоя модели Inception V3, имеющего размер

2048 элементов. Затем используется полносвязный слой для классификации на три категории.

Для обучения модели использовался адаптивный алгоритм Adaptive Momentum. Он позволяет учесть средний и среднеквадратичный градиенты для каждого параметра, что позволяет уменьшить градиенты для параметров близких к минимуму. Данный подход позволяет добиться большей точности по сравнению с обычным стохастическим градиентным спуском. Среди адаптивных алгоритмов обучения Adam был выбран как наиболее часто используемый для классификации последовательностей.

Для предотвращения переобучения в нейронной сети после рекуррентных слоев используется Dropout. Это современный способ выполнить регуляризацию, суть которого в том, что на одну итерацию случайный набор нейронов “выключается” – его выходные значения равны 0 и градиенты через него не проходят. Вероятность исключения равна 0.25 по аналогии с рассмотренными подходами.

На рис. 2 представлены графики точности на валидационном множестве в зависимости от эпохи обучения. Точность здесь – это доля правильно классифицированных видеопоследовательностей. Как видно после 30 эпох разработанный метод примерно на 3 % точнее. В целом, точность обоих методов около 50%, что обычно неприемлемо для использования в приложениях. Объяснить невысокую точность можно несовершенством набора данных: количество обучающих примеров слишком мало.

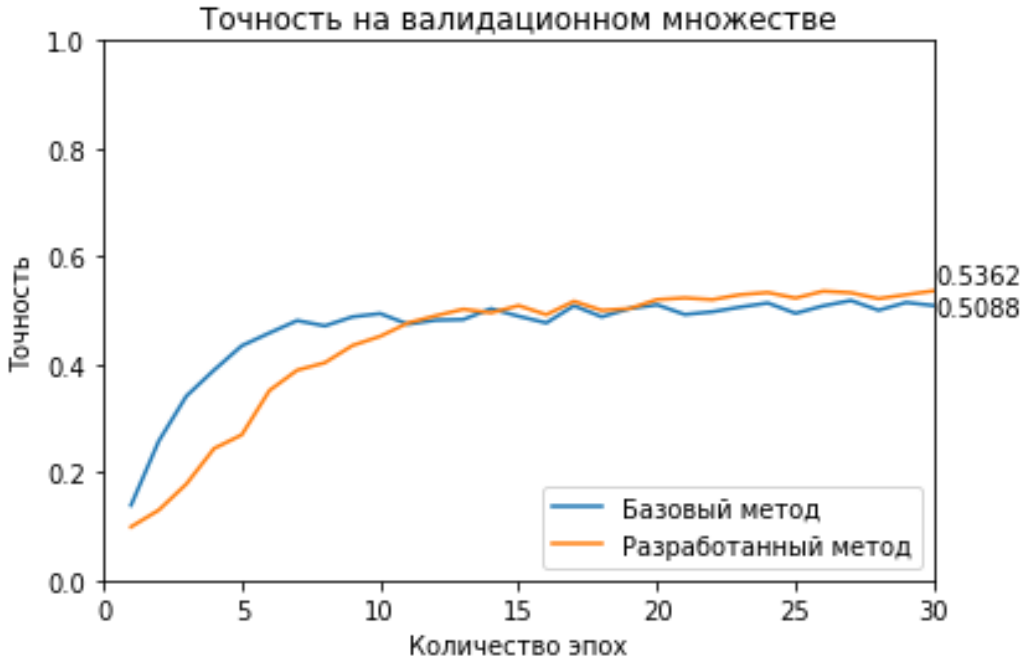


Рис. 2. График зависимости точности классификации на валидационном множестве в зависимости от количества эпох

В заключение стоит отметить, что цель работы была достигнута. В результате работы был подготовлен набор данных для классификации видеопоследовательностей по присутствующему на них объекту, разработана архитектура нейронной сети, использующей низкоуровневые и высокоуровневые признаки, получаемые с последовательных кадров. Разработанная нейронная сеть показала показала результаты на 3% лучше существующего решения. В дальнейшем разработанных подход можно улучшить, используя признаки более близких ко входу уровней. Ожидается, что такие дополнительные признаки позволят повысить точность. Для обработки таких

низкоуровневых признаков можно использовать двумерный LSTM слой, который учитывает пространственную структуру изображения. Окно для извлечения низкоуровневых признаков можно выбирать с помощью обучаемого механизма внимания, что повысит точность локализации объекта. Используя несколько точек внимания, можно будет расширить метод в целях распознавания нескольких объектов.

Литература

1. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. - М.: мир, 1990. – 239с.
2. Donahue J. et al. Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2015. – с. 2625-2634.
3. Szegedy C. et al. Rethinking the inception architecture for computer vision //Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2016. – с. 2818-2826.
4. Zheng H. et al. Learning multi-attention convolutional neural network for fine-grained image recognition //Int. Conf. on Computer Vision. – 2017



Онищук Дмитрий Андреевич
Год рождения: 1994
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптической физики и современного естествознания,
группа № V4236
Направление подготовки: 12.04.03 – Физика наноструктур
e-mail: onishchuk.dmitry@gmail.com

УДК 535-15, 628.9.038

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУР PbS ДЛЯ СОЗДАНИЯ СВЕТОДИОДОВ БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА

Д.А. Онищук
Научный руководитель – к.т.н., доцент П.С. Парфенов

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур».

Разработка инфракрасных светодиодов на основе нанокристаллов сульфида свинца (НК PbS) является одним из перспективных направлений разработки новых источников излучений. Они могут применяться для ночного видения, оптической связи, визуализации глубоких слоев биологических тканей, терапии и в распознавании жестов. PbS обладает подходящим набором оптических свойств, которые могут быть использованы для создания ИК светодиодов. Он является полупроводником p-типа и обладает узкой запрещенной зоной, большим радиусом экситона Бора, а НК PbS – большим коэффициентом поглощения и высоким квантовым выходом в ближнем ИК диапазоне. Целью работы являлась разработка прототипа ИК светодиода на основе коллоидных нанокристаллов (НК) PbS и изучение его физических свойств.

В работе рассмотрены различные светодиодные структуры на основе НК как для ближнего ИК, так и для видимого диапазона. Общая схема устройств придерживается единой схемы, состоящей из внутреннего эмиссионного слоя (Emitting layer, EL), внешних слоев, в которых осуществляется транспорт и инжекция электронов (Electron transfer layer, ETL) и дырок (Holes transfer layer, HTL), а также катода и анода.

В качестве эмиссионного слоя в ИК области используются НК PbS, PbSe, в качестве слоя инжекции дырок в эмиссионный слой применяют PEDOT:PSS (иногда с применением графеновых пластинок – PEDOT:GO), а в качестве слоя инжекции электронов чаще всего применяют различные оксиды (диоксид титана, оксид цинка), реже полимеры и НК с n-типом проводимости. Эффективная инжекция электронов и дырок в эмиссионный слой достигается только при правильном подборе уровней энергии между контактами и активным слоем, необходимо избегать образования больших энергетических барьеров и предотвращать рекомбинацию вне активной области.

Уровни энергий коллоидных НК зависят как от их размера, так и от химического состава поверхности. Так, различная химическая обработка поверхности НК PbS приводит к сдвигу до 0,9 эВ [1], обусловленному вкладами как дипольного момента поверхности раздела НК–лиганд, так и собственного дипольного момента молекулы лиганда. Использование этих особенностей позволяет варьировать уровнями энергии и применять НК не только в качестве активного слоя, но и, теоретически, в качестве ETL/HTL. Толщина слоев, на основании данных из литературных источников, находится в пределах ~40–60 нм [2, 3].

Изготавливаемая структура являлась нижнеэмиссионной, т.е. излучающей вниз. Поэтому проведен анализ пропускания нижних слоев ITO и PEDOT:PSS в ближнем ИК диапазоне. В распоряжении лаборатории имелись стеклянные подложки с предварительно нанесенным слоем ITO 2-х типов: первые, с сопротивлением 7,6–8,7 Ом/квадрат и толщиной слоя ITO 180±25 нм (Sheng Da Trade Co., Ltd), и вторые, с сопротивлением проводящего слоя 15–25 Ом/квадрат и толщиной слоя 60–100 нм (Sigma-Aldrich). Измерение поглощения проводили на спектрофотометре «Shimadzu UV-3600». По полученным спектрам поглощения можно судить о плохой спектральной равномерности ITO в ИК диапазоне (что свойственно почти всем подобным покрытиям). Так, полоса пропускания на уровне 50% от максимума пропускания соответствует 336–1336 нм и 326–1842 нм для первого и второго образца соответственно. Однако в рамках данной работы неравномерное пропускание проводящих покрытий в ИК области является достаточным для дальнейших исследований. Раствор PEDOT:PSS наносился методом спин-коатинга, толщина слоя составила 120 нм. Диапазон пропускания на уровне 90% от максимума составил 316–1670 нм, таким образом, слой PEDOT:PSS можно считать прозрачным в ближнем ИК диапазоне.

Для подбора оптимальных параметров нанесения слоя НК и анализа их старения было изготовлено несколько образцов с использованием раствора НК PbS диаметром 5 нм с пиком поглощения и люминесценции на 1271 нм и 1380 нм соответственно (синтез НК PbS описан в работе [4]). В них исходная олеиновая кислота заменялась на лиганды из серии меркаптоалкилкарбоновых кислот (MPA, MHA, MOA), а также на некоторые галоидные соединения. Показано, что поведение образцов с MPA, MHA и MOA схоже по динамике, демонстрируется монотонное убывание времен затухания и синий сдвиг максимума поглощения. Образец с TOAB (Tetraoctylammonium bromide) продемонстрировал в течение первых двух недель красный сдвиг, что может быть связано с защитной ролью галогенов. Но опыт с TOAB продемонстрировал большие времена затухания, возможно связанные с неполной заменой лигандов или тем, что в слое оставались разветвленные цепочки молекул тетраоктил аммония. Другие лиганды, такие как AI (аммония йодид), MAI (метиламмония йодид) и CTAB (цетилтриметиламмония бромид) не применялись из-за нерастворимости в ацетонитриле. По этой причине вместо планируемой замены лигандов слоя ETL на йод или бром была проведена замена на MPA, которая обеспечивала нужный сдвиг уровней энергии.

В процессе анализа параметров нанесения НК показано, что для получения более однородного слоя НК, без трещин, провалов и меньшим числом агрегатов, необходимо использовать относительно невысокую скорость вращения подложки (1500 об./сек), а также обязательно фильтровать раствор НК с помощью круглого шприцевого фильтра (с диаметром ячеек 0,2 мкм) для уменьшения числа агрегатов.

Изготовление QLED

На первом этапе был создан прототип светодиода на основе КТ PbS 6 нм с оболочкой из 8-меркаптооктановой кислоты (MOA) в качестве эмиссионного слоя (с пиком люминесценции на 1480 нм) и со слоем ETL из КТ PbS 3,6 нм с оболочкой 3-меркаптопропионовой кислоты (MPA). В качестве HTL использовался полимер PEDOT:PSS, в качестве анода – стекло со слоем ITO, в качестве катода – золото, нанесенное магнетронным распылением.

Зонная диаграмма данной структуры изображена на рис. 1 (А). Толщина слоев составила 50 нм для слоя инжекции дырок (PEDOT:PSS), 60 нм для активного слоя (КТ PbS 60 нм) и 40 нм для слоя инжекции электронов (КТ PbS 3,4 нм). Сверху напылялся слой золота толщиной 100 нм, к которому с помощью проводящего клея приклеивался проволочный контакт.

Полученная структура продемонстрировала явную нелинейную вольт-амперную характеристику, (получена с помощью измерительного блока «Keithley 2636B»),

характерную для диодной проводимости, но значения тока являлись достаточно низкими (максимальный ток 120 нА при 20 В для самого «удачного» пикселя). Излучение при таком малом токе зарегистрировать не удалось. Исходя из измеренного сопротивления 40 МОм и размера ячейки удельное сопротивление данного пикселя составило ~10^9 Ом·м, что на два порядка ниже сопротивления схожих НК PbSe в олеиновой кислоте [5].

Столь низкая проводимость могла быть связана с особенностями синтеза НК, изначально синтезированных для задач фотолюминесценци. Также низкая проводимость могла быть связана с неправильным подбором лигандов слоя инжекции электронов, поскольку используемые лиганды MPA организуют дырочную проводимость. Кроме того, смещение уровней путем химической модификации поверхности НК изучено недостаточно, и величина смещения в ETL слое могла получиться иной.

Поэтому для второй группы образцов в качестве слоя ETL использовались наночастицы ZnO диаметром около 10 нм, которые наносились спин-коатингом. Также была изменена схема подключения к электродам, с целью исключения необходимость приклеивать контакты сверху. Для этого методом фотолитографии были разделены анодные контакты в слое ITO, и катод напылялся сверху сплошным слоем, что исключило повреждение слоев при приклеивании проволочного контакта и упростило процесс изготовления и подключения.

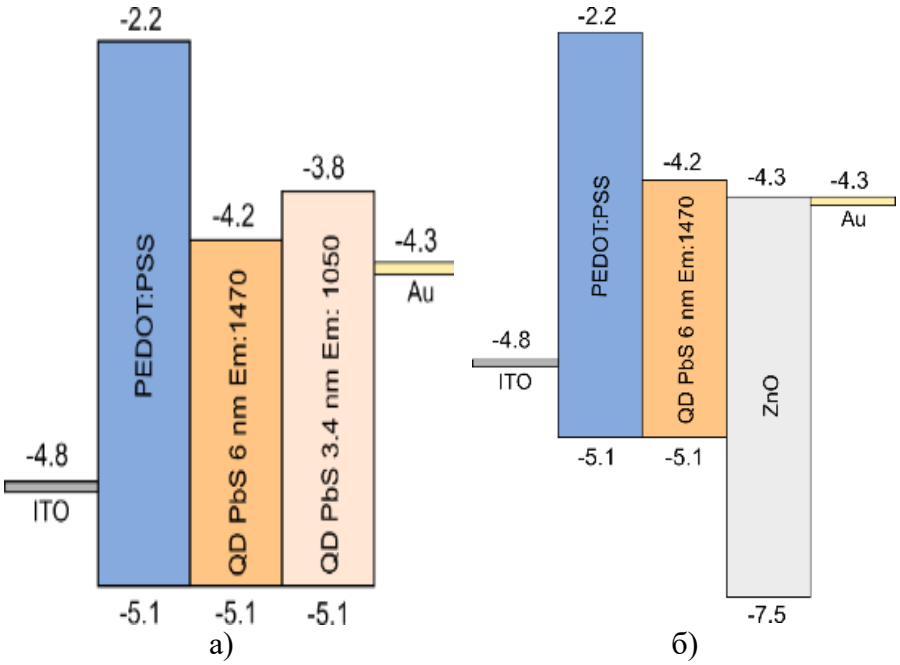
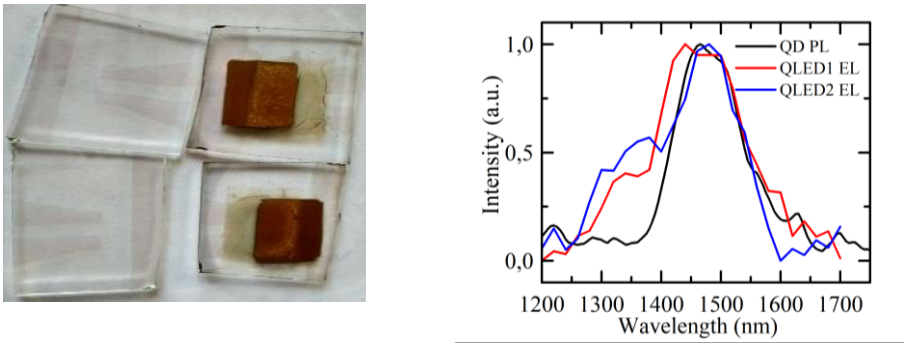


Рис. 1. Энергетические диаграммы светодиодов на основе НК PbS; (А)
с использованием нанокристаллов PbS в качестве слоя ETL и (Б)
с использованием наночастиц ZnO в качестве слоя ETL

Вторая группа образцов QLED изготовлена с использованием тех же НК PbS диаметром 6 нм для активного слоя. Толщины HTL и EL остались прежними, а толщина ETL (наночастицы ZnO) составила 120 нм. Зонная диаграмма структуры приведена на (рис. 1б). Внешний вид изготовленных светодиодов приведен на (рис. 2а).



а) б)

Рис. 2. (А) Предварительно травленные подложки со слоем ITO (вверху) и готовые светодиодные структуры (внизу); (Б) спектры электролюминесценции QLED в сравнении со спектром фотолюминесценции используемого раствора НК

Проводимость полученной структуры возросла на 5 порядков (до 10–20 мА) и зарегистрирована низкоинтенсивная электролюминесценция со спектром, совпадающим со спектром фотолюминесценции используемых НК PbS (рис. 2, Б). Излучение наблюдалось при подаче напряжения выше 10 В, что приводило к быстрой деградации светодиода. При напряжении, не приводящем к деградации параметров (не более 5 В) плотность тока составила до 10 мА/см^2.

В работе рассмотрены принципы работы инфракрасных светодиодов на основе нанокристаллов PbS. Показано, что из-за неравномерного спектрального пропускания ITO мало подходит для применения в ближнем ИК диапазоне. Применение сдвига энергетических уровней с помощью замены лигандов к результату не привело, в том числе из-за недостаточной изученности этого метода. Изготовлены образцы светодиодов на основе НК PbS диаметром 6 нм двух типов, продемонстрирована диодная проводимость. В структуре, с использованием наночастиц ZnO зарегистрировано излучение на длине волны 1480 нм. Также предложена схема разводки пикселей в слое ITO, позволяющая уменьшить вероятность замыкания структуры и тем самым уменьшить процент брака. Для улучшения светимости, необходимо доработать процесс синтеза НК PbS, чтобы обеспечить большую мобильность носителей заряда, проанализировать баланс инжекции дырок и электронов, а также исследовать варианты замены ITO на материал с лучшей прозрачностью, или ограничиваться более коротковолновым диапазоном.

Литература

1. Brown P.R. et al. Energy level modification in lead sulfide quantum dot thin films through ligand exchange // ACS Nano. – 2014. – Vol. 8. – № 6. – P. 5863–5872;
2. Sun L. et al. Bright infrared quantum-dot light-emitting diodes through inter-dot spacing control // Nature Nanotechnology, Nature Publishing Group. – 2012. – Vol. 7. – № 6. – P. 369–373;
3. Yang Z. et al. All-Quantum-Dot Infrared Light-Emitting Diodes // ACS Nano. – 2015. – Vol. 9 – № 12. – P. 12327–12333;
4. Ushakova E.V., Litvin A.P., Parfenov P., Fedorov A.V., Artemyev M., Prudnikau A.V., Rukhlenko I.D., Baranov A.V. Anomalous Size-Dependent Decay of Low-Energy Luminescence from PbS Quantum Dots in Colloidal Solution // ACS Nano. – 2012. – Vol. 6. – N 10. – P. 8913–8921;
5. Talapin D. V. et al. PbSe nanocrystal solids for n- and p-channel thin film field-effect transistors // Science. - 2005. – Vol. 310. – № 5745. – P. 86–89.



Петров Максим Михайлович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения,
группа № Р4285
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: p.maks.runner@mail.ru

УДК 372.862:004.771:004.773.5

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОРГАНИЗАЦИИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

М.М. Петров
Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

Использование дистанционного образования для обучения студентов по техническим дисциплинам в высшей школе является важной и неотъемлемой составляющей качественного учебного процесса.

Дистанционное обучение позволяет:

- маломобильным гражданам получать качественные знания, не выходя из дома;
- студентам использовать оборудование, находящееся не только на кафедре обучения, факультете, но и другом университете, лаборатории, находящейся на территории производственного предприятия;
- экономить время, затрачиваемое на проезд до места расположения необходимого оборудования, получив качественные знания за более короткий срок.
- наладить коммуникацию с другими университетами как в России, так и за рубежом.

Цель работы: разработка методики организации удаленного доступа к технологическому оборудованию для дистанционного обучения.

В рамках написания ВКР проанализированы работы в области дистанционного образования и удаленного подключения отечественных и зарубежных авторов.

Вопросами технологических, производственных процессов, организации производства, исследования и разработки систем дистанционного обучения и подключения занимались многие ученые и специалисты. Они внесли значительный вклад в развитие автоматизации, совершенствование производственных процессов по изготовлению высокотехнологичной техники [4].

Несмотря на это, в трудах специалистов не рассматривались варианты взаимодействия 3 составляющих для эффективного обучения техническим дисциплинам:

- дистанционное обучение;
- удаленное подключение к оборудованию;
- дистанционная работа на станках с ЧПУ [1].

Практическая значимость исследования. Полученные результаты по использованию в совокупности дистанционного обучения, удаленного подключения к станкам с ЧПУ, а также дистанционной работе на станках с ЧПУ позволят повысить эффективность удаленного обучения и качества образования в целом.

Обучающий ресурс на основе Moodle может быть использован студентами для обучения, а преподавателями для усовершенствования существующий дистанционных курсов и разработки новых [2, 3].

Методика удаленного подключения позволит студентам совершенствовать навыки в работе со станочным оборудованием.

Использование материалов ВКР позволяет организовать распределенный лабораторный комплекс. Студенты могут практиковаться в создании управляющих программ дома или в лаборатории программирования для станков с ЧПУ. После чего загружать разработанные программы на станок удаленно и наблюдать за обработкой заготовки в режиме реального времени (рис. 1).

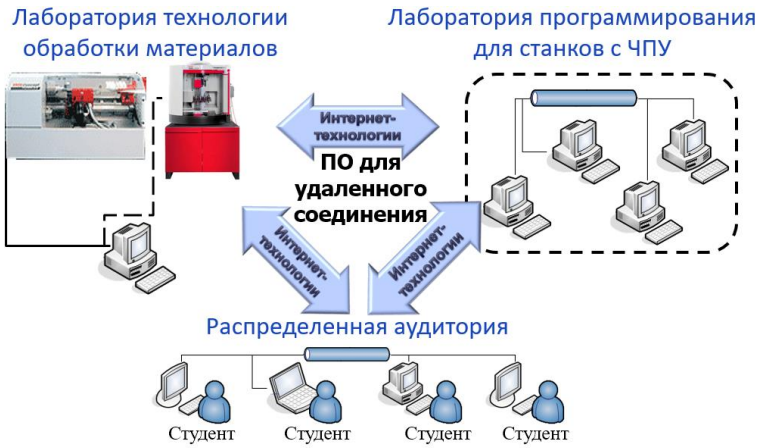


Рис. 1. Распределенный лабораторный комплекс

Методика организации удаленного доступа к технологическому оборудованию для дистанционного обучения включает в себя следующие этапы:

1. реализация принципов организации удаленного доступа студентов к лабораторному технологическому оборудованию;
2. использование системы Moodle для дистанционного обучения по техническим дисциплинам;
3. использование iSpring Suite для создания интерактивных учебных материалов и тестов;
4. организация дистанционных занятий с удаленным управлением станком с ЧПУ при помощи Skype для бизнеса.

Программное обеспечение для организации удаленного доступа к технологическому оборудованию для дистанционного обучения было выбрано исходя из соответствия сформулированным принципам организации удаленного доступа студентов к лабораторному технологическому оборудованию, которые представлены ниже:

- принцип наличия достаточной скорости Интернет-соединения;
- принцип допуска к оборудованию после прохождения тестирования;
- принцип обеспечения обратной связи;
- принцип методического сопровождения занятия;
- принцип контролируемого интерактивно-директивного управления оборудованием;
- принцип «работа в оболочке».

В процессе выполнения ВКР был разработан сайт с использованием системы управления обучением Moodle. Он используется для размещения электронного курса для обучения работе со станками с ЧПУ, знакомству с органами управления станком, а также знакомству с интерфейсом системы Sinumerik. На данном сайте также размещены тесты на проверку знаний по результатам изучения электронного курса.

Электронный курс и тесты создавались при помощи программного продукта iSpring Suite, который работает как надстройка в Microsoft PowerPoint и позволяет создавать учебный материал с использованием функционала PowerPoint, после чего

материал преобразуется в пакет SCORM 1.2 и размещается на сайте. Перед преобразованием материалов для тестов имеется возможность указать количество попыток, проходной балл и другие параметры оценивания. После прохождения студентами тестов результаты автоматически отправляются на адрес электронной почты преподавателя с указанием информации о студенте, количестве правильных и неправильных ответов, количестве попыток и информации об общем балле.

Для организации дистанционных занятий был выбран Skype для бизнеса, согласно результатам проводимого анализа. Проведение занятий в формате видеоконференции подходит для лекционных занятий с оборудованием, в то время как удаленное управление станком с ЧПУ необходимо для проведения лабораторных и практических занятий. На рис. 2 представлен процесс проведения лабораторной работы с удаленным управлением фрезерным станком с ЧПУ.

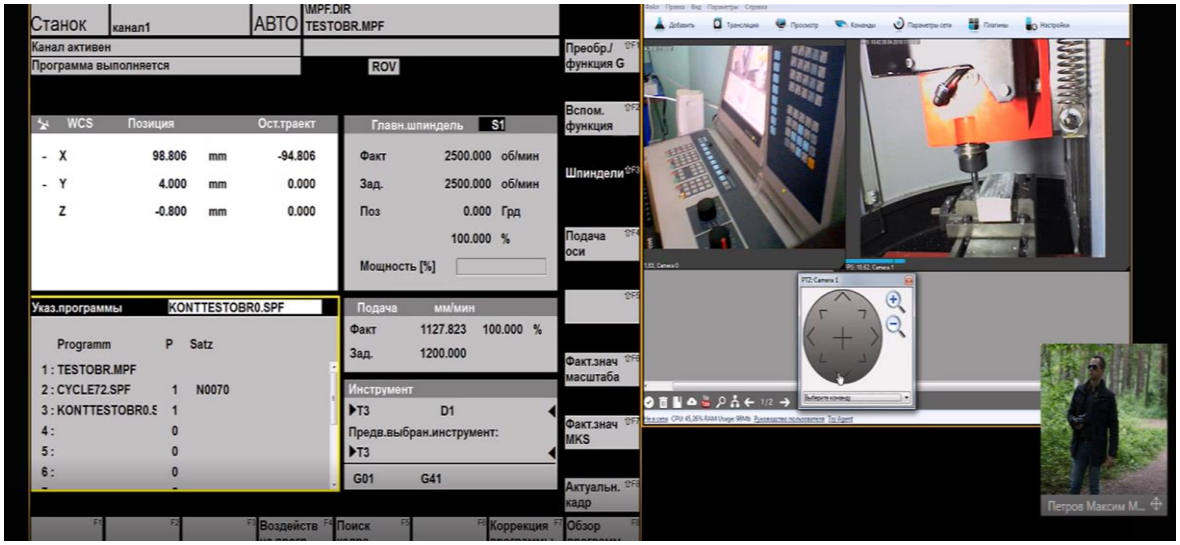


Рис. 2. Процесс выполнения лабораторной работы с удаленным управлением станком

Для обеспечения видеотрансляции процесса обработки на станке использовались 2 камеры – вебкамера и ip камера. Вебкамера транслирует изображение клавиш стойки ЧПУ станка. Ip камера транслирует изображение процесса обработки заготовки и установлена в кабине станка на магнитном штативе. Камеры выводят изображение через ПО iSpy.

Реализация методики включает в себя 2 этапа:

- подготовительный;
- непосредственная работа со станком с ЧПУ.

К первому этапу относятся:

1. Аудиторная или дистанционная разработка УП в ПО WinNC на основе чертежа создаваемой детали.
2. Прохождение электронного курса по изучению органов станка с ЧПУ и управления ЧПУ.
3. Тестирование на знание управления станком с ЧПУ и его органами.
4. Решение вопроса по допуску студента к стойке станка с ЧПУ и удаленному управлению станком.

Ко второму этапу относятся:

1. Загрузка управляющей программы на стойку ЧПУ и ее симуляция.
2. Решение преподавателем вопроса по обкатке разработанной студентом управляющей программы.
3. Демонстрация наладки станка мастером лаборатории.

4. Обкатка программы на станке с видео-демонстрацией процесса обработки заготовки.
5. Фиксация полученных результатов по обкатке для отчета по лабораторной работе.

В результате выполнения дистанционной лабораторной работы с использованием удаленного подключения студент получает следующие базовые навыки:

- по работе с эмулятором стойки ЧПУ;
- по обработке приемов наладки станка с ЧПУ;
- по обкатке управляющей программы на станке с ЧПУ;
- Студент также получает следующие профессиональные знания:
- об общем устройстве станка с ЧПУ;
- о видах режущих инструментов, используемых при обработке заготовки;
- о методах обработки заготовки;
- об измерительных инструментах и процессе контроля изготовленной детали.

Выводы

Предлагаемая методика:

1. позволяет организовать дистанционные занятия с удаленным подключением студентов к технологическому лабораторному оборудованию с ЧПУ;
2. позволяет повысить качество образования студентов с ограниченными возможностями передвижения;
3. предоставляет студентам возможность изучить материал общепрофессиональной дисциплины за счет их удаленного взаимодействия с оборудованием и преподавателем.

Литература

1. Федоров И.Б., Зимин А.М., Коршунов С.В., Кузнецов Ю.М. Лабораторный практикум с удаленным доступом как средство практической подготовки специалистов в техническом университете // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.312-319.
2. Андреева, А. В. Практика электронного обучения с использованием MOODLE / А. В. Андреева, СВ. Андреева, И. Б. Доценко. – Таганрог: Изд. ТТИЮФУ. 2008. – с. 56–58.
3. Анисимов А.М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle // учебное пособие. 2-е изд. испр. и дополн. – Харьков, ХНАГХ, 2009. – 292 стр.
4. Петров М.М. Принципы организации удаленного доступа студентов к лабораторному технологическому оборудованию // Альманах научных работ молодых ученых XLVI научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО. Том 5 – 2017. – С. 40.



Пидгайко Дмитрий Анатольевич
Год рождения: 1993
Физико-технический факультет,
кафедра нанофотоники и метаматериалов,
группа № Z4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: d.pidgayko@metalab.ifmo.ru

УДК 535

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО И ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ДИСПЕРСИИ СОБСТВЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ МОД КРЕМНИЕВОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ

Д.А. Пидгайко
Научный руководитель – к.ф. -м.н. А.К. Самусев

Работа выполнена в рамках темы РФФИ № 18-32-20122 «Управление возбуждением, распространением и поляризацией оптических поверхностных волн»

Метаповерхности это искусственные наноструктурированные планарные материалы. Сохраняя богатый функционал объемных метаматериалов, метаповерхности более просты и дешевый при производстве, особенно для работы в видимой части спектра. Кроме того, они совместимы с широко развитой планарной технологией. Большинство работ, посвященных метаповерхностям, сфокусированы на их взаимодействии с дальним полем. Представлены различные устройства, демонстрирующие такие уникальные явления, как отрицательное преломление, управление амплитудой и фазой дальнего поля, недостижимые в обычных материалах, его поляризацией и многое другое [1].

Однако, особый интересе заслуживают поверхностные состояния в метаповерхностях. Закон дисперсии поверхностных волн находится под световой линией вакуума, поэтому они распространяются вдоль планарных структур, не высвечиваясь в дальнее поле. Такие свойства делают эти состояния крайне перспективными для их применения в оптоэлектронных и полностью оптических интегральных устройствах, планарных линиях связи и многое другое. На сегодняшний день представлено лишь несколько экспериментальных работ, посвященных управлению поверхностными волнами в метаповерхностях. Например, в работе [2] представлена плазмонная субволновая решетка, в которой наблюдается переход от положительного к отрицательному преломлению, что является следствием гиперболического закона дисперсии поверхностных волн в такой структуре. В работе [3] наблюдается гиперболическая форма волновых фронтов поверхностных волн, что также является следствием гиперболического закона дисперсии. Однако, вторая работа проведена в среднем ИК диапазоне (7 мкм), а в плазмонных структурах за счет больших внутренних потерь имеются существенные ограничения на длину распространения поверхностной волны. Кроме того, в обеих работах не использовались методы прямого наблюдения изочастотных контуров, которые наряду с законом дисперсии являются ключевой характеристикой для любых волн, потому что определяют их групповую скорость.

Таким образом, целью настоящей работы является экспериментальное получение изображений изочастотных контуров полностью диэлектрической метаповерхности в оптическом и ближнем ИК диапазонах.

В ходе проекта решены следующие задачи:

1. При помощи моделирования найти параметры полностью диэлектрической метаповерхности, поддерживающей режимы гиперболической и эллиптической дисперсии поверхностных волн в оптическом и ближнем ИК диапазонах. Сформировать техническое задание на изготовление образца.
2. Провести эксперимент по визуализации изочастотных контуров поверхностных волн изготовленного образца метаповерхности для различных длин волн.
3. По экспериментальным данным восстановить полный закон дисперсии $\omega(k_x,k_y)$.

Для экспериментального наблюдения изочастотных контуров использовался метод микроскопии задней фокальной плоскости с применением линзы твердой иммерсии (рис. 1a).

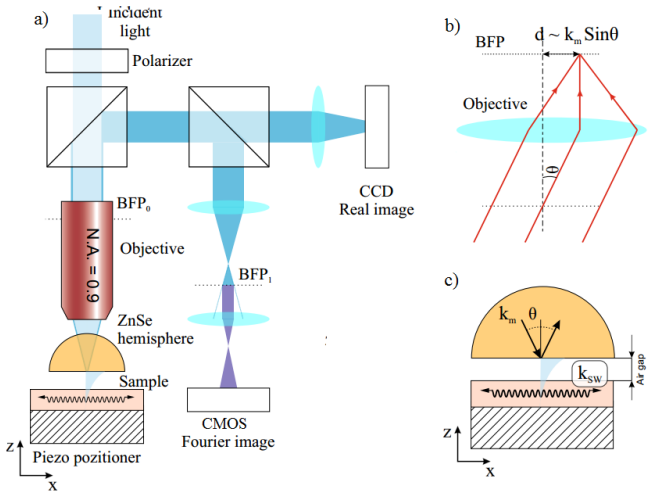


Рис. 1. (a) Схема экспериментальной установки (b) Схема регистрации сигнала в задней фокальной плоскости (c) Схема возбуждения поверхностной волны

Свет, проходя через поляризатор, фокусируется объективом на плоской поверхности призмы. Возбуждение поверхностных волн происходит в геометрии Отто (рис. 1c). При фиксированной длине волны на определенном угле происходит согласование латерального волнового вектора падающей волны и поверхностной, что приводит к возбуждению последней. Как следствие, возникает провал в коэффициенте отражения на этом угле. В задней фокально плоскости происходит преобразование коэффициента отражения от углов к координатам (рис. 1b). Таким образом, мы наблюдаем коэффициент отражения в k – пространстве, с провалами, эквивалентными изочастотным контурам.

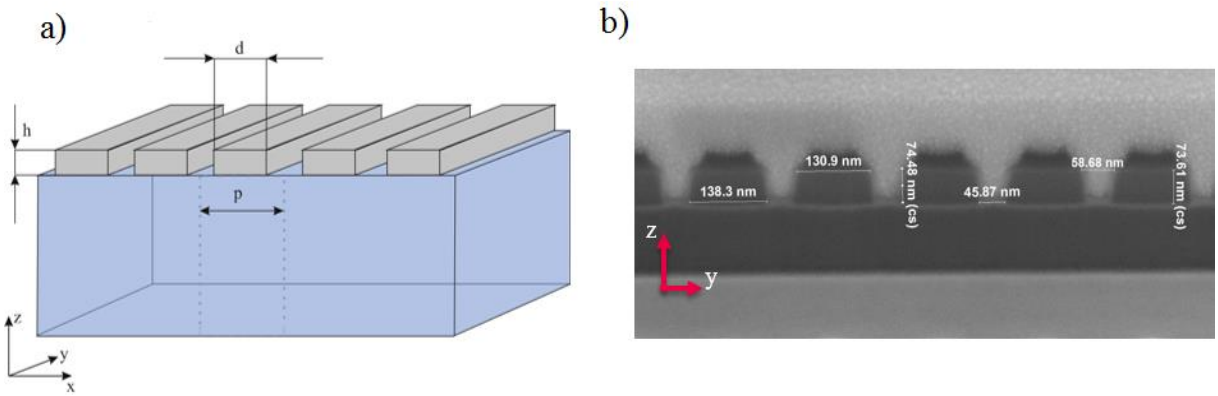


Рис. 2. (a) Схема метаповерхности (b) СЭМ изображение метаповерхности

В настоящей работе исследовался простой дизайн кремниевой субволновой решетки на положке из диоксида кремния (рис. 2). Параметры подбирались таким образом, чтоб гиперболический и эллиптический режим наблюдался в диапазоне 650 – 1100 нм. Для поиска этих параметров использовался Fourier Modal Method, реализованный в пакете Matlab. Он позволяет получать карты коэффициента отражения от метаповерхности в k – пространстве (рис. 3). Внутренняя зеленая окружность обозначает границу полного внутреннего отражения между призмой и воздухом, средняя черная – между призмой и подложкой, внешняя – максимально доступную для наблюдения в эксперименте область. Она определяется числовой апертурой объектива (Mitutoyo, M Plan Apo HR, 100×, 0.9 N.A.), и показателем преломления призмы ($n_{ZnSe} \approx 2.5$ в исследуемом диапазоне).

Метаповерхность с параметрами p = 190 нм, d = 140 нм, h =75 нм в зависимости от поляризации и длины волны демонстрирует существенно разные режимы:

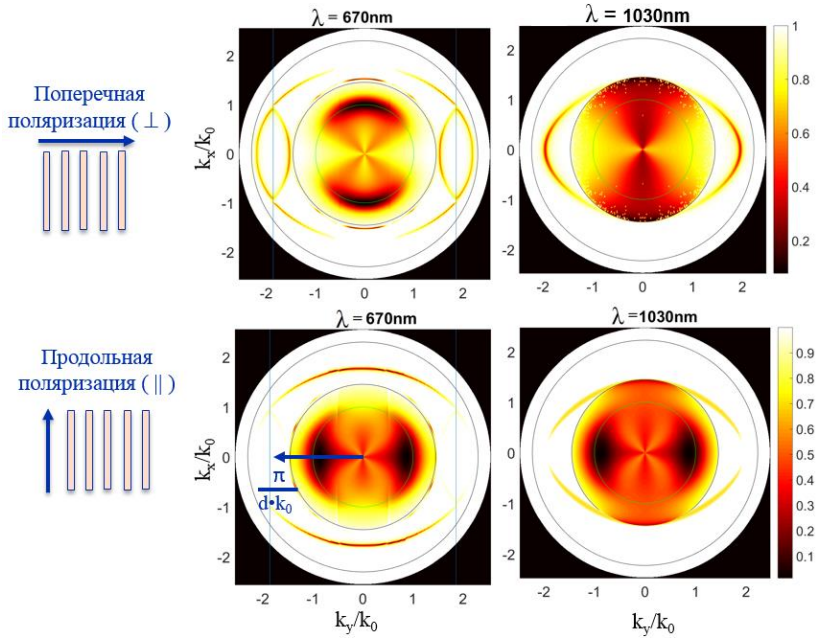


Рис. 3. Промоделированные карты коэффициента отражения в задней фокальной плоскости. Верхний ряд поляризация падающего света поперек полос, нижний -вдоль

Так, для продольной поляризации наблюдаются только эллиптические контуры (рис. 3, нижний ряд), однако для поперечной наблюдается как эллиптические, так и гиперболические (рис. 3, верхний ряд). Происхождение гиперболических контуров можно объяснить следующим образом: при уменьшении длины волны эллиптические контуры начинают пересекать границу первой зоны Бриллюэна (голубые вертикальные линии) и, согласно теореме Блоха, транслируются из второй зоны в первую.

Серия образцов метаповерхностей была изготовлена Викторией Руцкой в центре ZIK SiLi – nano, на подложке кремний на изоляторе (SOI) при помощи травления фокусированным ионным пучком (FIB). Размер каждого образца метаповерхности составляет 200x200 мкм. Изображение метаповерхности, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), приведено на (рис. 2b).

На (рис. 4, верхний ряд) приведены экспериментальные карты коэффициента отражения в задней фокальной плоскости, содержащие провалы, отвечающие изочастотным контурам. Следует подчеркнуть, что наблюдается хорошее соответствие между данными экспериментов и результатами численными картами.

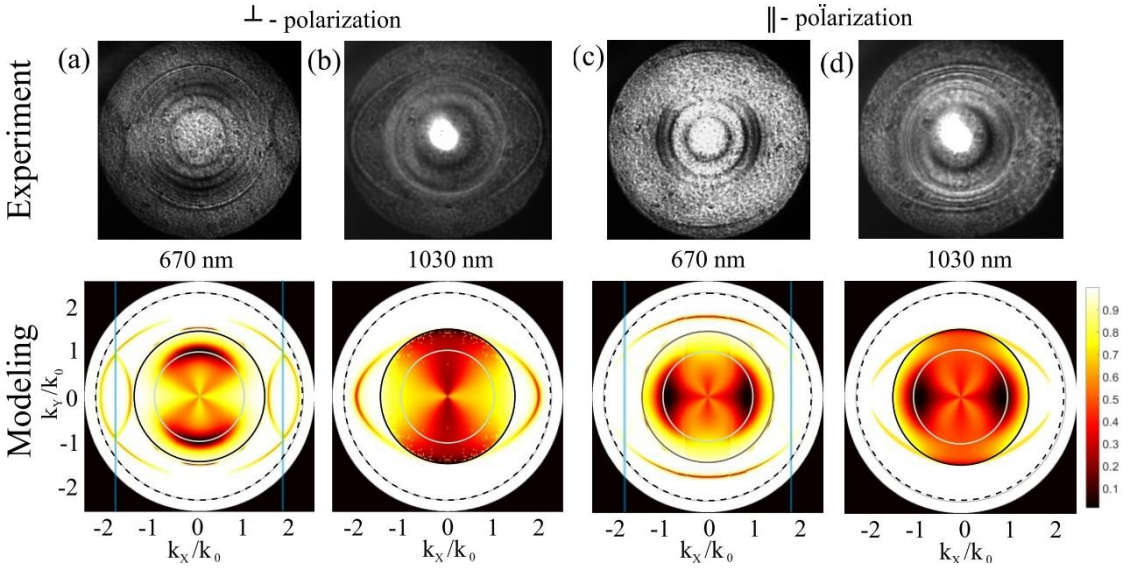


Рис. 4. Карты отражения задней фокальной плоскости для поперечной (a, b) и продольной (c, d) поляризаций, полученные экспериментально (верхний ряд) и численно (нижний ряд). Голубые вертикальные прямые на (a, d) обозначают границу первой зоны Бриллюэна

Видно, что состояния для продольной и поперечной поляризации ведут себя существенно по-разному. Так, для продольной поляризации при увеличении длины волны изочастотные контуры (минимумы на картах отражения) переместились в область с меньшими волновыми векторами. В случае поперечной поляризации произошёл переход от «гиперболических» к эллиптическим контурам.

Плавное изменение длины волны в эксперименте (с шагом 5 – 10 нм) позволяет наблюдать эволюцию изочастотных контуров, а затем и полностью восстановить закон дисперсии поверхностных волн для всех направлений. Для этого определялось положение контуров на каждой карте, после чего они размещались в порядке возрастания частоты (рис. 5).

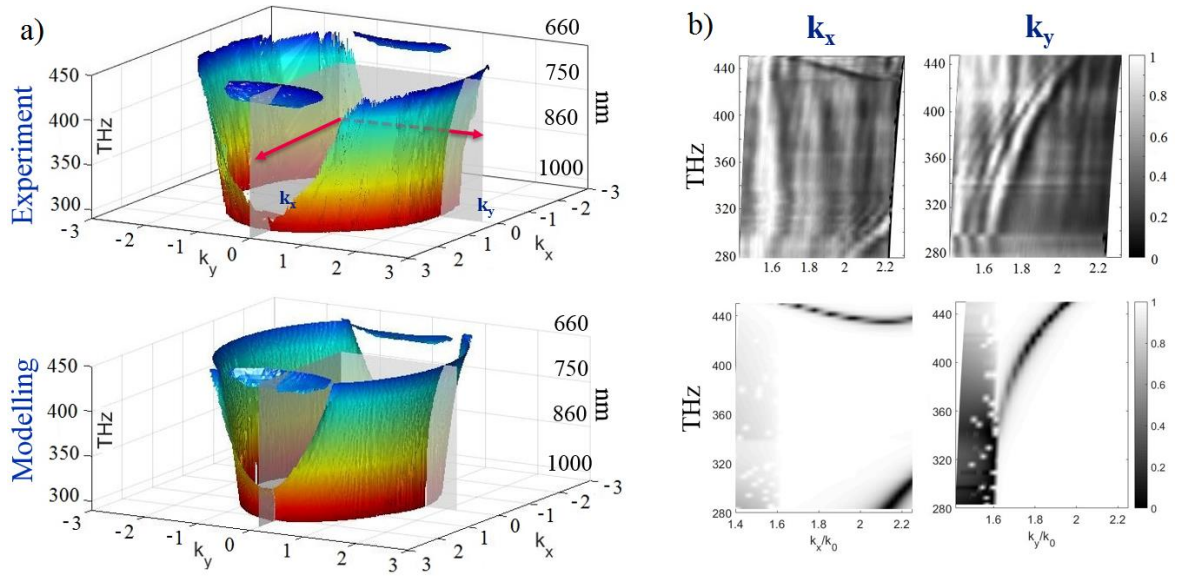


Рис. 5. (a) Полный закон дисперсии $\omega(k_x,k_y)$. (b) Сечения поверхности $\omega(k_x,k_y)$, обозначающие законы дисперсии вдоль выделенных направлений

Для определения законов дисперсии в требуемых направлений, например, k_x и k_y, можно строить сечения к данной поверхности. Так, например, вдоль k_x видно, что для гиперболического режима изочастотных контуров наблюдается ветвь с отрицательной групповой скоростью, а для эллиптического с положиетльной.

Литература

1. N. Yu, P. Genevet, M. A. Kats, F. Aieta, J.-P. Tetienne, F. Capasso и Z. Gaburro, «Light propagation with phase discontinuities: generalized laws of reflection and refraction,» science, т. 334, pp. 333-337, 2011.
2. 2. A. A. High, R. C. Devlin, A. Dibos, M. Polking, D. S. Wild, J. Perczel, N. P. Leon, M. D. Lukin и H. Park, «Visible-frequency hyperbolic metasurface,» Nature, т. 522, p. 192–196, 2015.
3. 3. P. Li, I. Dolado, F. J. Alfaro-Mozaz, F. Casanova, L. E. Hueso, S. Liu, J. H. Edgar, A. Y. Nikitin, S. Velez и R. Hillenbrand, «Infrared hyperbolic metasurface based on nanostructured van der Waals materials,» Science, т. 359, pp. 892-896, 2018.



Просочкина Дарья Андреевна
Год рождения: 1994
Факультет безопасных информационных технологий,
кафедра проектирования безопасных компьютерных систем,
группа № N4252
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность
e-mail: hapalun@mail.ru

УДК 004.056.

МЕТОД ПОИСКА УЯЗВИМОСТЕЙ КОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Д.А. Просочкина
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.И. Спивак

Работа выполнена в рамках темы НИР «Метод поиска уязвимостей кода с использованием распределенной обработки данных».

В современном мире количество исходного кода программ постоянно растет. Одно предприятие может разрабатывать сразу несколько приложений или сервисов, то есть количество исходного кода, который нужно постоянно проверять с точки зрения информационной безопасности может исчисляться в миллионах линий строк. Одновременно с этим появляется потребность в сокращении времени, затраченного на анализ безопасности кода, так как разработчикам важно своевременно выпускать обновления и новые версии своих продуктов. Зачастую появляется необходимость исправить критичную ошибку в уже реализованном и поставляемом клиентам продукте. При этом требуется не только сделать это в сжатые сроки, но и убедиться, что при исправлении не появилось новых уязвимостей. Кроме того, чем раньше обнаружена уязвимость, тем легче и дешевле ее закрыть, следовательно, легче всего это сделать на этапе написания кода [1].

В связи с этим целью исследования стала разработка метода поиска уязвимостей кода с помощью распределенной обработки данных для сокращения времени затраченного на проверку безопасности кода, что позволило бы проводить такую проверку чаще, например, после каждого обновления.

Один из методов поиска уязвимостей – синтаксический анализ, его преимущество в том, что он позволяет выявить уязвимость на самых ранних этапах разработки. Построение и анализ абстрактного синтаксического дерева (АСД) кода является способом синтаксического анализа [2]. Однако, АСД может быть очень большим (например, для программы в 500 строк исходного кода АСД может достигать размеров в 10000 вершин), соответственно его анализ может занять много времени. Сократить это время можно с помощью распределенной обработки данных.

АСД по своей структуре является графом, следовательно, его можно анализировать с помощью средств обработки графов. Для распределенной обработки больших графов существует концепция «Think Like a Vertex» [3]. Обработка вершин представлена в виде последовательности итераций с синхронизацией между машинами кластера. На каждом шаге каждая вершина, участвующая в вычислении:

1. Получает обновленные значения вершин с предыдущего шага.
2. Обновляется с учетом полученных значений.

3. Отправляет свое обновленное значение соседним вершинам или вершинам с известным идентификатором.
4. Может изменить свой статус, который может быть активным или неактивным. На каждой итерации в вычислении участвуют только активные вершины.

С учетом этой концепции была разработана платформа Giraph [4], которая была использована в данной работе. Данная платформа позволяет фокусироваться на логике вычисления, а не на технических деталях распределенной обработки данных. На вход платформе передается описание графа в виде списка смежности, состоящего из идентификатора вершин.

Giraph требует, чтобы идентификаторы вершин были уникальными и целочисленными. Описание АСД исходного кода было получено с помощью генератора парсеров ANTLR4. ANTLR4 производит разбор исходного кода в соответствии с правилами – грамматикой языка. Эти правила определяют в коде выражения и конструкции языка, такие как присваивание, объявление класса, вызов метода, конкатенация и так далее.

Для получения описания графа в виде списка смежности был написан класс, который совершает обход дерева и для каждой вершины (то есть для каждого правила) выводит идентификатор правила и идентификаторы его дочерних правил, формируя таким образом строку списка смежности. Конечные вершины АСД являются лексемами и целочисленных идентификаторов не имеют.



Рис. 1. Анализ программы разработанным методом

Далее необходимо преобразовать полученный список смежности в формат, необходимый платформе Giraph. Для этого был написан класс обработки списка смежности, который добавляет уникальный префикс к целочисленным идентификаторам

правил языка и заменяет строковые идентификаторы конечных вершин АСД на на целочисленные, при этом значения вершин заносятся в специальный словарь.

На следующем этапе начинался непосредственный анализ АСД. Находим в графе все вершины, соответствующие вызову метода, и определяем есть среди них так называемый Sink-метод. Sink-методом называется метод, через который происходит непосредственное выполнение вредоносного кода [5]. Если он найден, то становится активной вершина, соответствующая перечислению аргументов этого метода, все остальные вершины становятся неактивными. Среди аргументов sink-метода находим переменные и запоминаем их.

Далее становятся активными вершины, соответствующие операциям, в которых переменным присваивается значение и ищутся переменные, обнаруженные на предыдущем шаге. После обнаружения этих переменных рассматривается значение, которые им присваивается. Если значение получено из Source-метода, то есть метода, через который потенциально опасные данные могут попасть в приложение, то уязвимость считается обнаруженной. На (рис. 1) представлена общая схема разработанного метода.

Для подтверждения того, что разработанный метод действительно ускоряет поиск уязвимостей в исходном коде был проведен эксперимент. В экземпляры кода разного размера в 50, 100, 200, 500, 1000, 5000 и 10000 строк была помещена уязвимость. Giraph позволяет запускать анализ в режиме эмуляции распределенной обработки с двумя узлами (PD) и без нее (SN). Для каждого экземпляра кода анализ запускался по несколько раз, после чего вычислялось среднее время нахождения уязвимости.

Как можно заметить значительная разница в скорости анализа наблюдается у экземпляров в 5000 строк. Наибольшая разница в скорости анализа – почти на 60% была у экземпляра в 10000 строк. Таким образом становится, понятно, что использовать данный метод целесообразно только для анализа исходного кода больших размеров.

В процессе исследования были сделаны следующие выводы:

- Был разработан метод поиска уязвимостей кода с использованием распределенной обработки данных. Используя этот метод можно чаще проводить проверку безопасности кода и, соответственно, быстрее закрывать уязвимости.
- Метод дает заметное преимущество при обработке больших программ (примерно от 500 строк). При анализе программы в 10000 строк метод позволяет ускорить процесс на 60 %.
- Можно увеличить показатели скорости горизонтальным масштабированием системы, добавляя вычислительные машины в кластер.
- Для анализа программ на конкретном языке программирования необходимы только грамматика языка и знания о source- и sink-методах.

Литература

1. Ten Statistics That Prove Your Organisation Needs Developer Security Training, Alan Pearson [Электронный ресурс] // securityinnovationeurope.com URL: http://www.securityinnovationeurope.com/blog/statistics-that-prove-your-organisation-needs-developer-security-training Режим доступа: свободный. (дата обращения: 04.11.2017).
2. Abstract Syntax Tree (AST) [Электронный ресурс] // technopedia.com URL: https://www.techopedia.com/definition/22431/abstract-syntax-tree-ast Режим доступа: свободный. (дата обращения: 13.02.2018)

3. Grzegorz Malewicz, Matthew H. Austern, Aart J. C. Bik, James C. Dehnert, Ilan Horn, Naty Leiser, and Grzegorz Czajkowski. Pregel: a system for large-scale graph processing. In SIGMOD, 51(2):12-17, 2010.
4. Arijit Khan and Sameh Elnikety. Systems for big-graphs. PVLDB, 7(13):1709–1710, 2014.
5. S. Wei and B. G. Ryder. Practical Blended Taint Analysis for JavaScript. // In International Symposium on Software Testing and Analysis, ISSTA ’13, Lugano, Switzerland, July 15-20, 2013, pages 336–346. ACM, 2013.



Пулькин Николай Сергеевич
Год рождения: 1994
Направление подготовки: 12.04.02 – Фотонно-волновые технологии
e-mail: kpulkin@mail.ru

УДК 535.1

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АТОМАРНЫХ СИСТЕМАХ И СИСТЕМАХ С ДВИЖУЩИМИСЯ ЗЕРКАЛАМИ

Н.С. Пулькин
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Н.Н. Розанов

В первой части работы целью автора магистерской диссертации было изучение вопроса об условиях, когда колеблющееся зеркало может являться источником электромагнитного поля. Автор работы должен был выяснить, при каких параметрах зеркала и импульса будет происходить усиление излучения. Для этого ему было необходимо выполнить подбор параметров системы и получить зависимости коэффициентов отражения, коэффициентов пропускания, напряженности поля и т.д. от входных параметров.

Во второй части работы была поставлена цель изучения взаимодействия фемтосекундного излучения с двухуровневой и четырехуровневыми средами. Возникла необходимость в интерпретации экспериментальных результатов, полученных ранее, а также в программном моделировании распространения импульса в среде. Автор должен был ознакомиться с математическим описанием двухуровневой и четырехуровневой квантовой системы, взаимодействующей с полем оптического излучения, вывести уравнения, описывающие изменение во времени элементов матрицы плотности и рассмотреть воздействие последовательности сверхкоротких импульсов на такие системы.

Были поставлены следующие задачи:

– изучение отражения и пропускания оптического излучения колеблющегося одиночного металлического зеркала (модель Друде);
– изучение влияния параметров импульса на энергию прошедшего и отраженного импульса;
– вывод уравнений матрицы плотности для 2-х и 4-х уровневых систем в приближении и вне приближения медленно меняющихся амплитуд;
– интерпретация экспериментальных результатов в программных пакетах Matlab и MathCAD;
– численный расчет взаимодействия короткого фемтосекундного импульса с двухуровневой системой;
– численный расчет взаимодействия цуга коротких фемтосекундных импульсов с двухуровневой системой;
– обнаружение условий получения униполярного импульса поляризации.

Данный реферат посвящён той части ВКР “Генерация электромагнитного излучения в атомарных системах и системах с движущимися зеркалами”, в которой была поставлена цель изучения возможности получения ультракоротких униполярных импульсов путем взаимодействия 100 фс одиночных импульсов и импульсов комб-

генератора с двухуровневой средой.

Наиболее ярким представляется результат той части работы, в которой проведено численное моделирование для временной и спектральной зависимости поляризации для двухуровневой системы в поле сильного импульсного резонансного светового поля.

Атомная поляризация (дипольный момент единицы объема) равна [1]:

$$P = d_{12}N2Re\rho_{12} \tag{1}$$

где d_{12} – дипольный момент перехода, N – концентрация атомов, Re –- действительная часть недиагонального элемента (поляризации, когерентности).

Уравнения матрицы плотности для двухуровневой системы (без приближения вращающейся волны):

$$\frac{\delta\rho_{11}}{\delta t} = \left(2V'_{12}\rho^{"}_{12} - 2V^{"}_{12}\rho'_{12}\right) + \gamma_{21}\rho_{22} \tag{2}$$

$$\frac{d\tilde{\rho^{\prime}_{12}}}{dt} = \omega_{12}\tilde{\rho^{"}_{12}} - \tilde{V^{"}_{12}}(\tilde{\rho_{22}} - \tilde{\rho_{11}}) - \Gamma\tilde{\rho^{\prime}_{12}} \tag{3}$$

$$\frac{d\tilde{\rho^{"}_{12}}}{dt} = -\omega_{12}\tilde{\rho^{\prime}_{21}} + \tilde{V^{\prime}_{12}}(\tilde{\rho_{22}} - \tilde{\rho_{11}}) - \Gamma\tilde{\rho^{"}_{12}} \tag{4}$$

$$\frac{\delta\rho_{22}}{\delta t} = -\left(2V'_{12}\rho^{"}_{12} - 2V^{"}_{12}\rho'_{12}\right) - \gamma_{21}\rho_{22} \tag{5}$$

$$\gamma_{21} = \frac{1}{T_1} \tag{6}$$

где T_1 – время продольной релаксации,

$$\Gamma_{21} = \frac{1}{T_2} \tag{7}$$

где T_2 – время поперечной релаксации.

Запишем параметры системы в относительных единицах:

$\gamma_{\text{отн}} = 1$ ($\gamma_{\text{абс}} = 3.7 \cdot 10^7 \text{с}^{-1}$) – постоянная затухания, $\Gamma = 0.5\gamma$ – постоянная затухания поляризации, $\omega_{12} = 10^7$ отн. ед – частота перехода 1-2, соответствующая длине волны $\lambda \approx 800$нм

Временная зависимость величины входного импульса будет иметь вид:

$$V_{12}(t) = V_{12}^0 \cdot \exp\left(-\left(\left(\frac{t-t_1}{\tau_{pulse}}\right)^2\right)\right) \cdot cos\omega_{12}(t - t_1) \tag{8}$$

где $V_{12}^0 = d_{12}E_{12}^0$ – энергия взаимодействия поля с двухуровневым атомом на переходе 1-2 ($V_{12}^0 \approx 10^7$ отн. ед), E_{12}^0 – амплитуда электромагнитного поля, t_1 – задержка начала импульса по времени относительно начала отсчета.

Результаты были получены частично в программном пакете Matlab (базовый код программы разработан И.К. Коршок), частично – в программном пакете MathCAD (базовый код программы разработан авторами).

На (рис. 1). показана временная зависимость недиагональных элементов матрицы плотности (при τ_{pulse}=10^{-6} отн.ед. (10 фс в абсолютных единицах)), из которой видно, что период колебаний внутри импульса равен половине периода колебаний световой волны, т.е. равен длительности сверхкороткого униполярного импульса. Как видно из рисунка, в атоме генерируется униполярный импульс поляризации. В спектре поляризации униполярный импульс имеет место на нулевой частоте и на удвоенной частоте поля

накачки. Важно отметить, что фаза огибающей входного и выходного импульсов совпадает с фазой световой волны, что означает что, групповые и фазовые скорости совпадают. При возрастании длительности входного импульса при неизменной амплитуде длительность положительной части выходного импульса поляризации также возрастает вплоть до длительности входных импульсов около 100 периодов световой волны.

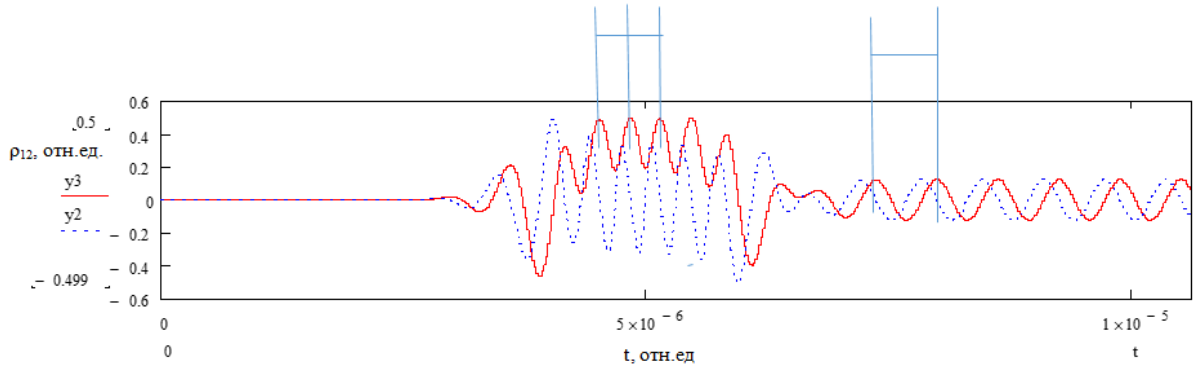


Рис. 1. График зависимости ρ_{12} от времени

На (рис. 2) показаны временные зависимости для поляризации при разных длительностях входных импульсов.

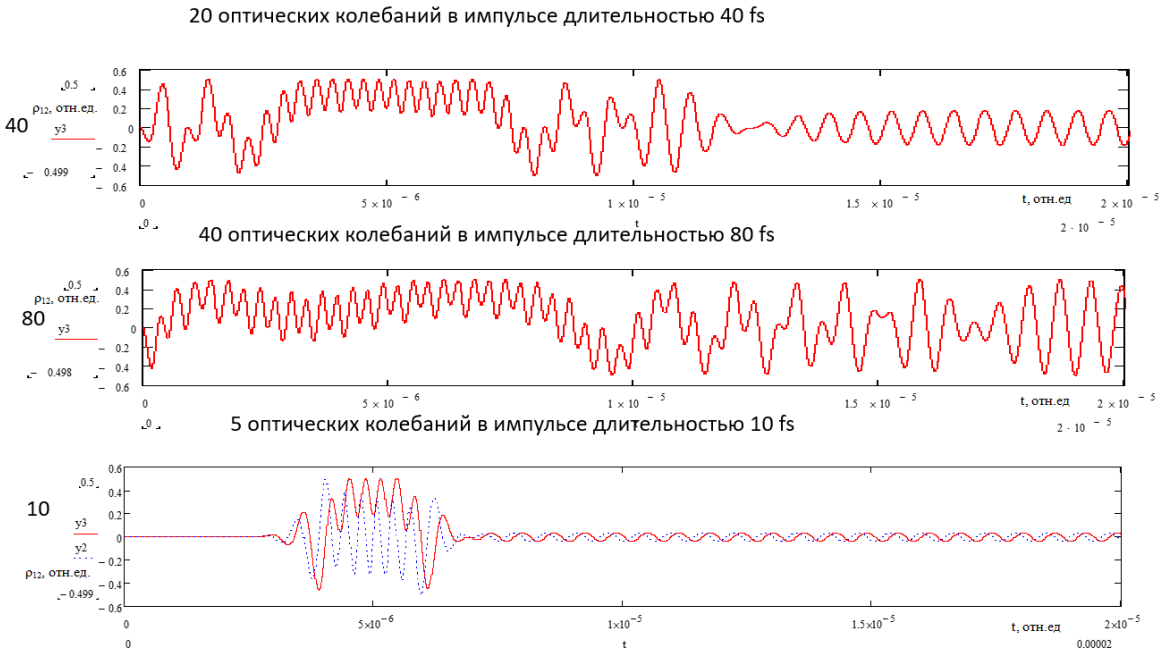


Рис. 2. Временные зависимости поляризации
при разных длительностях входных импульсов

Как показывает (рис. 2), униполярная часть импульса поляризации растет с ростом длительности входного импульса. Амплитуда входного импульса подбиралась так, чтобы амплитуда колебаний затухания свободной поляризации (на частоте световой волны) была минимальной.

В отличие от работ [2, 3] униполярный импульс поляризации был получен для случая, когда длительность импульса, действующего на двухуровневую атомную среду,

совпадает со значениями, используемыми в реальном эксперименте (т.е. длительность импульса составляет не несколько колебаний световой волны, а составляет несколько десятков колебаний (сотни фемтосекунд), при этом униполярность импульса поляризации сохраняется).

Таким образом, в магистерской работе были сделаны следующие выводы:

1. В рамках классической электродинамики теоретически рассмотрено излучение колеблющегося металлического зеркала, движение свободных электронов проводимости в котором описывается моделью Друде. Показано, что после освещения зеркала однополярным импульсом будут возникать стационарные гармонические колебания поля;
2. Получены зависимости напряженности электрического поля и коэффициентов отражения/пропускания металлического зеркала от длительности ультракороткого униполярного импульса. Получена зависимость плазменной частоты и комплексной диэлектрической проницаемости зеркала от концентрации свободных электронов;
3. Получены уравнения для компонент матрицы плотности 2-х и 4-х уровневой среды в приближении вращающейся волны;
4. Интерпретированы результаты экспериментальных исследований по получению когерентных узконаправленных импульсов при фокусировке лазерного излучения от комб-генератора фемтосекундного лазера в центр кюветы со смесью изотопов атомов рубидия (85 и 87);
5. Когерентное узконаправленное излучение возникает при синфазном возбуждении атомов как на частоте излучения накачки за счет создания инверсии населенностей, так и на частоте смежного перехода в синей области спектра за счет нелинейного интерференционного эффекта при двухфотонном возбуждении на переходе 1-2-3(780 нм – 776 нм) и наличии связывающего перехода 3-4(5 мкм). При наличии слабого поля на переходе 4-1(420 нм) возможно усиление без инверсии за счет двухфотонного перехода, связывающего уровни 2-4;
6. Проведен численный эксперимент по генерации коротких униполярных импульсов. Показано что при действии сильного короткого (несколько световых периодов) импульса на двухуровневый атом часть поляризации содержит униполярный импульс. Спектр поляризации содержит сигнал на нулевой частоте и гармониках световой волны. Униполярный импульс поляризации должен приводить к возникновению униполярных импульсов электромагнитного поля при распространении в плотной среде за счет дисперсии показателя преломления среды.

В дальнейшем, интересным представляется экспериментальное получение ультракороткого униполярного импульса путем взаимодействия цуга фемтосекундных импульсов с атомной средой. В случае успеха, такой импульс может служить источником излучения в ряде опытов, объединённых названием “Динамический эффект Казимира”. Это откроет широкие возможности для генерации электромагнитного излучения в системах с движущимися зеркалами.

Литература

1. Апанасевич П.А. Основы теория взаимодействия света с веществом. // Мн.: Наука и техника. – 1977. – с.219
2. Xiaohong Song, Miaoli Wu, Zhihao Sheng, Daohang Dong, Huan Qiong Wu, Weifeng Yang. Origin of unipolar half-cycle pulses generation in inversion symmetric media // Laser Phys. Lett. – 12. – 2015. – 105003. – 7pp.
3. Xiaohong Song, Weifeng Yang, Zhinan Zeng, Ruxin Li, and Zhizhan Xu // Phys. Rev. – 2010. – A. 82. – №11. – P. 053821.



Саминина Валерия Сергеевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4201
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: lera_saminina@mail.ru

УДК 681.7.072.2

РАЗРАБОТКА КРЕПЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ШЛЕМА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В.С. Саминина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Д. Толстоба

В последние годы большую популярность набирают устройства дополненной реальности. В настоящее время в продаже есть всего несколько моделей очков дополненной реальности, стоимость которых делает их недоступными для большинства людей. Поэтому разработка очков или шлемов дополненной реальности является на сегодняшний день актуальной задачей. Целью работы является разработка конструкции крепления оптической системы дополненной реальности.

Для реализации дополненной реальности используется объектив с плоским комбинером (рис. 1). Система рассчитана на работу с массивом микрозеркал размером 6,6×3,7 мм^2, размер элемента 10,8 мкм. Максимальный световой диаметр линз 18,6 мм. Фокусное расстояние системы 25 мм, диаметр выходного зрачка 7 мм, вынос выходного зрачка 35 мм, относительное отверстие 1:3,5.

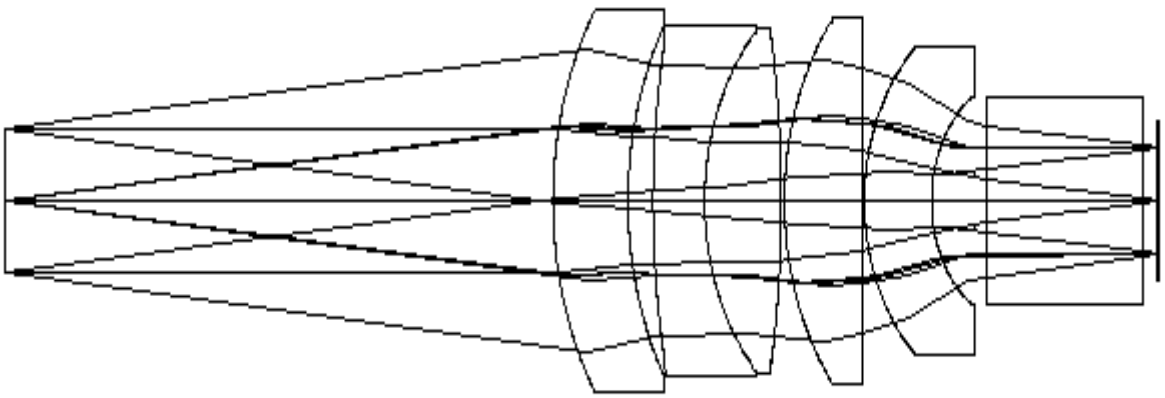
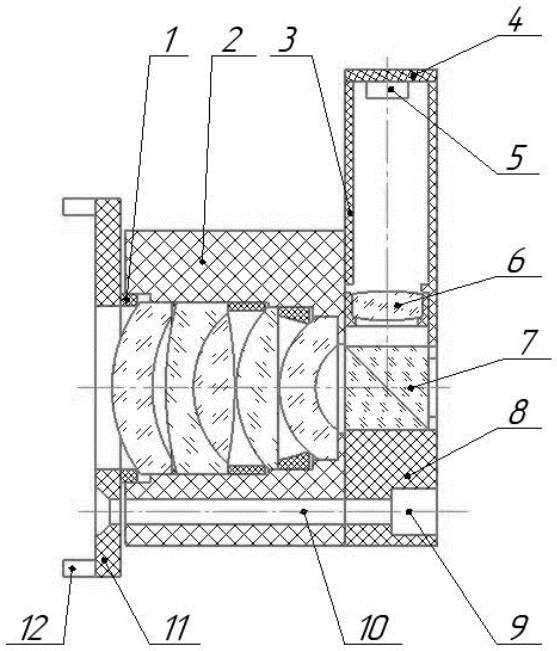


Рис. 1. Объектив системы дополненной реальности в обратном ходе

Для крепления оптической системы была разработана конструкция, представленная на (рис. 2). Допуски на децентрировку линз превышают 10 мкм, это позволяет использовать насыпную конструкцию. Для обеспечения силового замыкания тубус с линзами, крышка и оправа для призмы скрепляются болтами и гайками. Плата со светодиодом закрепляется на корпусе системы освещения, который крепится к оправе призмы с помощью винтов и гаек. Комбинер с помощью планок крепится к фланцу под углом 45º.



1 – упорное кольцо; 2 – корпус с линзами; 3 –корпус системы освещения; 4 – плата со светодиодом 5; 6 – линза системы освещения; 7 – призма; 8 – оправа для призмы; 9 – паз для гайки; 10 – отверстие для винта; 11 – фланец; 12 – ушки для крепления комбинера

Рис. 2. Конструкция крепления оптической системы дополненной реальности

На суммарную децентрировку поверхностей объектива влияют децентрировка, вызванная ошибками изготовления линз и склеек, и погрешности взаимного положения и размеров поверхностей оправ [1].

Суммарная децентрировка 9-й поверхности линзы 5 складывается из Δel – децентрировки поверхности, обусловленной из-за ошибки изготовления (1).

$$\Delta ec=\Delta C/2 \quad (1)$$

Децентрировки поверхности при опускании линзы до контакта со стенкой посадочного гнезда (2):

$$\Delta ep=R9*\Delta p/D_{CB} \quad (2)$$

Децентрировки поверхности, обусловленная неперпендикулярностью бортика корпуса к его базовой оси.

Δeε=Δε – децентрировка поверхности из-за эксцентриситета посадочного гнезда корпуса.

Сумма децентрировок должна быть равна (3)

$$\Delta e9 = \sqrt{\Delta el^{\,2} + \Delta ec^{\,2} + \Delta ep^{\,2} + \Delta e\varepsilon^{\,2}} = 20 \text{ мкм}. \quad (3)$$

Предполагая, что вклад первичных погрешностей одинаковый, получаем (4):

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta e9}{2} = 10 \text{ мкм} \quad (4)$$

$$\Delta el = \frac{\Delta e9}{2} = 10 \text{ мкм} \quad (5)$$

$$\Delta p = \frac{\Delta e9 \cdot D_{CB}}{2 \cdot R9} = 16,5 \text{ мкм} \quad (6)$$

$$\Delta C = \frac{\Delta e9 \cdot 2}{2} = 20 \text{ мкм} \quad (7)$$

Рассчитанные допуски на конструктивные элементы оправы для других поверхностей представлены в Табл. 1.

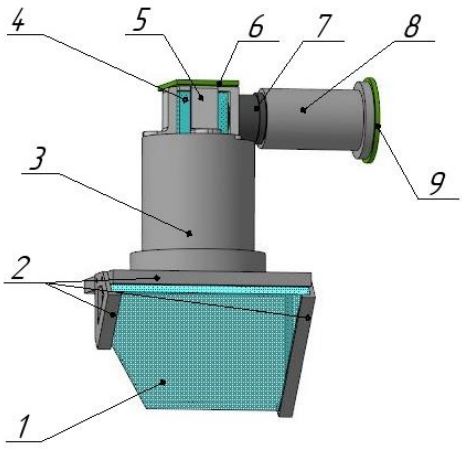
Таблица 1

Допуски на конструктивные элементы оправы

Линза	Поверхность	Δel, мкм	ΔC, мкм	Δp, мкм	$\Delta\varepsilon$, мкм
Линза 1	1	10	20	14,8	10
	2	10	20	10	10
Склейка 2-3	3	50	100	22,6	50
	4	5	10	6,9	5
	5	200	400	74,9	200
Линза 4	6	100	200	193,9	100
	7	20,5	-	20,5	-
Линза 5	8	200	400	514,4	200
	9	10	20	16,5	10

Анализ расчетов показывает, что при изготовлении второй линзы, которая в склейке является базовой, необходимо выполнить четвертую поверхность как можно точнее. Также допуск на эксцентриситет посадочного гнезда на чертеже корпуса желательно задать не более 10 мкм.

На (рис. 3) изображена конструкция крепления оптической системы для серийного производства. Линзы закреплены в корпусе с помощью резьбового кольца. Комбинер с помощью планок закрепляется на фланце под углом 45º. Фланец впоследствии с помощью резьбы закрепляется на корпусе. Оправа для призмы крепится к корпусу с линзами с помощью винтов.



1 – комбинер; 2 – оправа комбинера; 3 – корпус с линзами; 4 – призма;
5 – оправа для призмы; 6 – плата с дисплеем; 7 – оправа с линзой системы освещения;
8 – корпус системы освещения; 9 – плата со светодиодом

Рис. 3. Конструкция крепления оптической системы

Линза для освещения дисплея закреплена в оправе с помощью резьбового кольца. Корпус со светодиодом накручивается на оправу линзы системы освещения, которая вкручивается в оправу для призмы. Чтобы избежать неправильного центрирования из-за биения среднего диаметра резьбы и зазоров в резьбе, в соединениях предусмотрены дополнительные центрирующие поверхности.

Для всех линз была проведена проверка выбранных посадок в корпус, исходя из теплового расширения деталей. Вычислить максимальное и минимальное значение величины зазора можно вероятностным способом, так как она – случайная величина, которая зависит от случайных погрешностей диаметра линзы и подчиняется закону Гаусса.

Рассчитывая величину зазора, необходимо учесть систематическую составляющую погрешности, которая вводится для получения гарантированного зазора, исходя из того, что центры рассеяния погрешностей смещены относительно номинальной величины размера.

Систематическая составляющая погрешности для линзы (8):

$$\Delta qл = \frac{(-20+(-33))}{2} = -26{,}5 \text{ мкм} \quad (8)$$

Систематическая составляющая погрешности для корпуса (9):

$$\Delta qоп = \frac{(21+0)}{2} = 10{,}5 \text{ мкм} \quad (9)$$

Значение случайной составляющей погрешности для линзы равна (10):

$$\delta qл = \frac{(-20-(-33)}{2} = 6{,}5 \text{ мкм} \quad (10)$$

Для оправы:

$$\delta qоп = \frac{(21-0)}{2} = 10{,}5 \text{ мкм} \quad (11)$$

Исходя из вероятностного метода сложения погрешностей, погрешности систематические суммируются алгебраически, случайные складываются согласно методу квадратичного суммирования:

$$\Delta C = \sum_{i=1}^{n} |\Delta q_i| \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \delta q_i}\,. \quad (12)$$

При этом максимальное значение зазора будет равным:

$$\Delta C\,\max = 49{,}3 \text{ мкм} \quad (13)$$

Минимальная величина зазора:

$$\Delta C\,min = 24{,}6 \text{ мкм} \quad (14)$$

Рассчитаем, как изменится зазор при изменении температуры. Система должна работать без снижения качества в диапазоне температур от -20 до +40 ºС. Если принять за номинальное значение температуры t_0 = 20 ºС, получаем:

$$\Delta t1 = 40 - 20 = 20 \text{ ºС и } \Delta t2 = 20 - (-20) = 40 \text{ ºС}. \quad (15)$$

Изменение зазора при этом:

$$\delta\Delta C = (\alpha л - \alpha оп) \cdot \Delta t \cdot D, \quad (16)$$

где α – значение коэффициентов линейного расширения материалов линзы и корпуса, D – номинальный диаметр линзы и оправы.

Исходя из того, что КЛР материалов корпусов значительно больше КЛР стекол, то при уменьшении температуры возможно пережатие линз. Изменение зазора при изменении температуры на -40 ºС составит:

$$\delta\Delta C = (750 \cdot 10^{-7} - 75 \cdot 10^{-7}) \cdot 40 \cdot 20{,}5 = 56{,}6 \text{ мкм}, \quad (17)$$

Так как ΔCmin < δΔC, то будет происходить пережатие линзы. Результаты расчетов для остальных линз и для конструкции из сплава алюминия Д1 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты проверки выбранных посадок линз в оправу

Линза	Посадка	ΔCmax, мкм	ΔCmin, мкм	δΔC (40ºC), мкм	δΔC (10ºC), мкм	δΔC (Д1), мкм
Линза 1	H7/g7	55,8	26,1	56,6	21,2	17,8
Склейка	H7/f7	49,3	24,6	56,6	21,2	17,8
Линза 4	H10/e9	157	59	52,6	19,7	17,6
Линза 5	H7/f7	46,7	21,2	45,9	17,2	14,7

Проведенные расчеты для конструкции из ABS-пластика показали, что функционировать система будет при изменении температур Δt = 10Cº. Несмотря на небольшой диапазон температур данную конструкцию можно использовать, так как она разработана для создания макета шлема дополненной реальности с целью проверить работоспособность оптической системы. При изготовлении корпуса из сплава алюминия изменение температуры на 60º не приводит к снижению качества работы оптической системы.

В ходе выполнения работы были разработаны конструкции крепления оптической системы для создания макета шлема дополненной реальности с помощью аддитивных технологий и для серийного производства из сплава алюминия. Рассчитаны допуски на конструктивные параметры объектива и спроектированную конструкцию. Также была проведена проверка выбранных посадок линз в оправу исходя из теплового расширения деталей. Расчеты для конструкции крепления из пластика показали, что оптическая система будет правильно функционировать при изменении температур не больше, чем на 10ºС. Расчеты для конструкции из сплава алюминия показали, что в диапазоне температур от -20 до +40 ºС не будет происходить снижение качества работы оптической системы.

Литература

1. Иванов А.Н. Проектирование узлов оптико-электронных приборов. Методические указания к выполнению курсового проекта. Учебное пособие – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 72 с.



Самко Марина Леонидовна
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра интегрированных систем технической подготовки производства,
группа № 4243
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: marina_94@inbox.ru

УДК 681.2.083

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА ЭТАПЕ ВНЕДРЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

М.Л. Самко
Научный руководитель – к.т.н. С.Ю. Сергеев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем управление, вычисления, безопасность»

Обеспечению качества продукции предприятий авиастроительного комплекса с каждым годом уделяется все больше внимания. Метрологическое обеспечение производства, основанное на практическом использовании норм метрологии, методов и средств оказания их единства и заданной точности, является одним из условий достижения необходимого качества изделий. Фундаментом обеспечения всеобщего качества деятельности компании является система управления качеством, разработка и внедрение данной системы является неотъемлемой частью ее функционального развития. В условиях современного производства для обеспечения конкурентоспособности продукции перед предприятием стоит задача не только в создании системы управления качеством, но и в своевременной корректировке данной системы.

Целью данной работы является модернизация системы управления качеством изготовления деталей на этапе внедрения управляющих программ на предприятии авиационного приборостроения ПАО «ТЕХПРИБОР». Для реализации поставленной цели необходимо было решить ряд задач, а именно:

- исследовать существующую систему контроля качества изготовления деталей;
- выявить недостатки существующей системы;
- предложить направления развития системы контроля качества изготовления деталей;
- разработать техническую документацию;
- разработать проект стандарта предприятия.

Главная цель ПАО «ТЕХПРИБОР» в области качества является достижение конкурентного уровня разрабатываемой продукции, обеспечивающего удовлетворенность потребителей и других заинтересованных сторон, на рис. 1 представлена организационная структура управления качеством ПАО «ТЕХПРИБОР».

Важное место в данной системе занимает служба контроля качества. Данная служба обладают наиболее существенными материально-техническими предпосылками для проведения квалифицированной и всесторонней оценки качества изделий. Именно отдел технического контроля (ОТК) осуществляет проведение контроля качества продукции на предприятии [1].

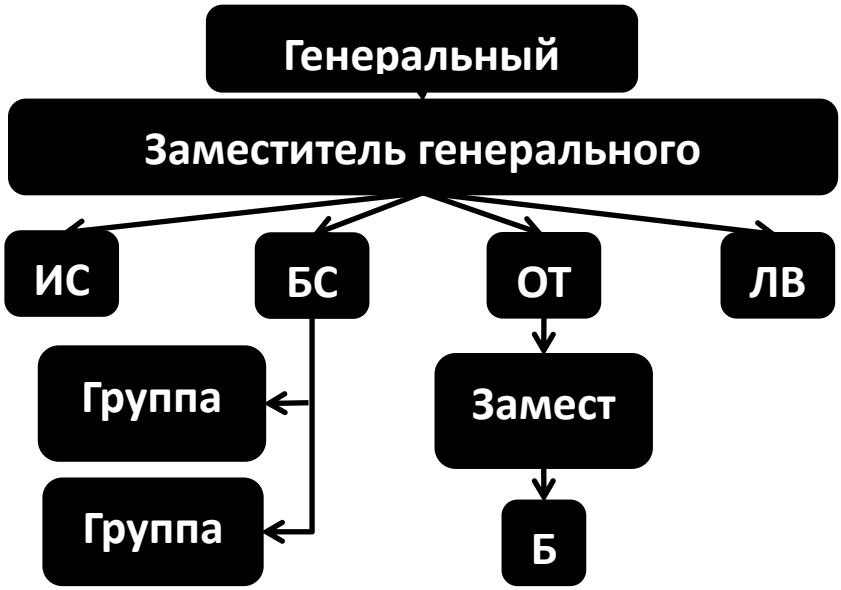


Рис. 1. Организационная структура управления качеством ПАО «ТЕХПРИБОР»

Применение для изготовления деталей станков с числовым программным управлением (ЧПУ) обязывает проводить контроль качества изготовления тестовой детали. Согласно стандарту предприятия ПАО «ТЕХПРИБОР», регламентирующего порядок проведения контроля первых деталей, контроль качества изготовления первых деталей является необходимым условием бездефектного изготовления продукции и должен проводиться по всем размерам. На рис. 2 представлен существующий алгоритм проведение контроля качества тестовой детали.

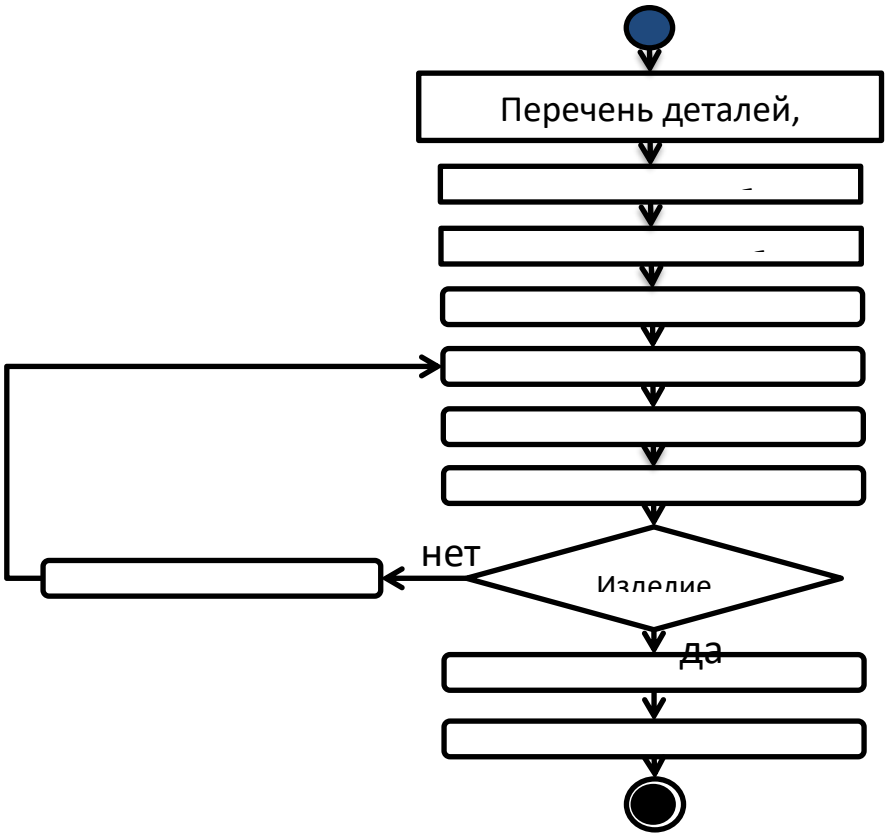


Рис. 2. Контроль качества тестовой детали

В ходе реализации поставленной цели данной работы был проведен анализ существующей системы контроля качества изготовления деталей и выявлен ряд недостатков. Достоверность результатов контроля качества, осуществляемого персоналом ОТК, нередко вызывает обоснованные сомнения в связи с низкой квалификацией сотрудников. В настоящее время ОТК не в состоянии проводить в полном объеме контроль качества изготовления первых деталей. В частности, из-за отсутствия на предприятии современных измерительных устройств. Что влечет за собой неверный выбор методов измерений.

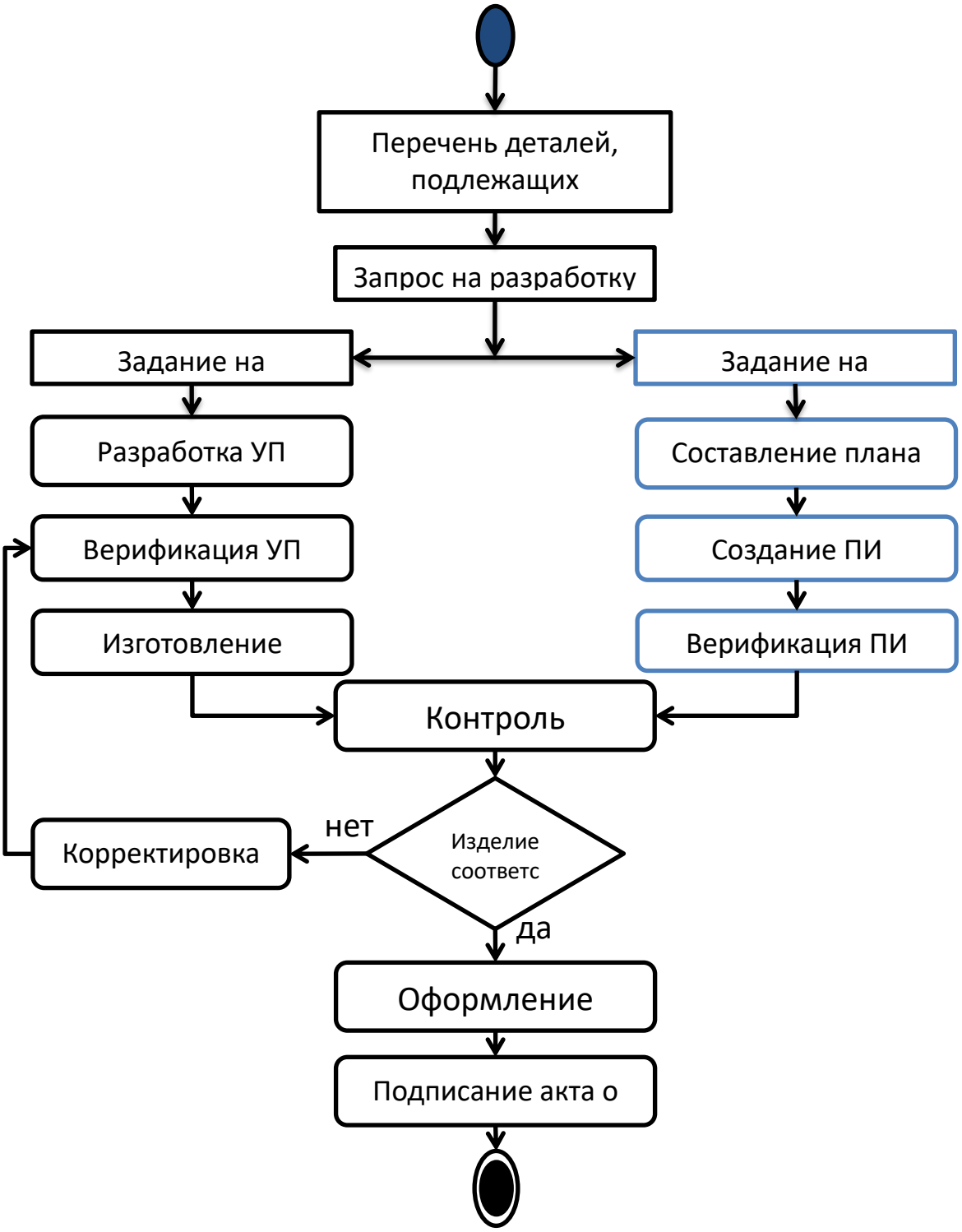


Рис. 3. Методика контроля качества изготовления тестовой детали

В рамках данной работы было предложено использование координатно-измерительной машины (КИМ) с целью повышения объективности проверок и облегчения работы персонала контрольных служб. Первоначально, предполагалась создание библиотеки программ измерений (ПИ). Был получен список деталей, подлежащих производству на участке станков с ЧПУ, для разработки программ измерений были созданы электронные модели, которые прошли согласование с конструкторским отделом. После чего, для контроля качества изготовления данных деталей были созданы программы измерений. Измерение по программам позволяет автоматизировать процесс контроля, исключает влияния человеческого фактора, сокращает время проведения контрольно-измерительных операций. Но в настоящий момент времени данные ПИ не нашли своего применения. В связи, с чем предлагается приступать к разработке ПИ параллельно разработке управляющих программ для станков с ЧПУ. Предлагаемая методика контроля тестовых деталей отображена на (рис. 3).

Одним из важнейших требований МС ИСО серии 9000 является обеспечение строго документального оформления порядка выполнения всех работ в рамках создаваемой и функционирующей системы менеджмента качества. В связи с этим действия по разработке, утверждению, выпуску, изменению документов требуют особого внимания при формировании и функционировании системы [2].

Учитывая данные условия, возникает необходимость в дополнении документации системы менеджмента качества ПАО «ТЕХПРИБОР». На завершающем этапе данной работы был разработан проект стандарта предприятия (СТП) для использования и хранения программ измерений.

Стандарт предприятия - нормативный документ по стандартизации, содержащий правила, общие принципы, характеристики объектов стандартизации, касающиеся определенных видов деятельности или их результатов, утвержденный руководителем организации [3].

Стоит заметить, что действие стандартов предприятия распространяется лишь на территории предприятия, в пределах которого были установлены эти стандарты. Невозможно возникновения противоречий между СТП, техническим регламентом, ГОСТом и стандартами международного уровня.

В процессе выполнения данной работы была исследована существующая система контроля качества изготовления деталей участка станков с ЧПУ ПАО «ТЕХПРИБОР», был изучен теоретический материал, касающейся современных положений данной проблемы, изучена нормативная документация.

Основное внимание при проведении данного исследование было уделено анализу работы отдела технического контроля. Выявлены основные недостатки:

– отсутствие 3Д моделей в PDM-системе, а также общего подхода при их создании;
– недостаточная оснащенность современными средствами измерений;
– недостаточное взаимодействие подразделений;
– низкая квалификация сотрудников.

Были предложены способы устранения данных недостатков. Одним из способов, позволяющим улучшить работу ОТК, является применение КИМ. Применение КИМ предполагает создание в PDM – системе предприятия архива программ измерений.

Была разработана инструкция по работе с данным архивом. Кроме этого, разработан проект стандарта предприятия, регламентирующий действия по хранению и использованию программ измерений.

Кроме этого, была разработана методика контроля качества изготовления тестовой детали, которая позволит не только упразднить большой диапазон измерительных устройств, сократить время проведения контроля и минимизировать

влияние человеческого фактора, но и упростить контрольные операции, что в совокупности оказывает влияние на повышения производительности труда.

Стоит заметить, что данные действия по улучшению работы системы контроля ведутся, опираясь на то устройство, которым располагает производство на данный момент. Но для реализации всего комплекса системы контроля качества продукции, обеспечивающей заданную производительность ритмом производства, а также с достаточной надежностью, которая, в свою очередь, гарантирует правильную оценку качества продукции, необходимо соответствующее оснащение технического контроля необходимыми современными средствами измерения. В связи с этим были предложены универсальные и специализированные средства измерения, использования которых позволит усовершенствовать систему контроля и обеспечить ее высокую производительность.

Литература

1. Горбашко Е.А. Управление качеством: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 384с.
2. Процесс управления качеством [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://litresp.ru/chitat/ru/%D0%9B/levkina-evgeniya-vladimirovna/shpargalka-po-upravleniyu-kachestvom/29 – свободный. Дата обращения: 28.10.2017.
3. ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.



Сечак Евгений Николаевич
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра оптико-цифровых систем и технологии,
группа № Р4290
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail evgenysechak@gmail.com

УДК 045

РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ УЗЛА ГЛАВНОГО ЗЕРКАЛА ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА

Е.Н. Сечак
Научный руководитель – д.т.н., проф. А.В. Демин

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса представляют собой незаменимый инструмент для решения таких задач, как исследования изменений на нашей планете, получение информации о природных ресурсах Земли, гидрометеорологический мониторинг окружающей среды, предупреждения чрезвычайных ситуаций и минимизации их последствий, охраны окружающей среды и контроля над изменением климата. Эффективное использование данных ДЗЗ оказывают существенную роль в социально-экономическом развитии, научном прогрессе и обеспечении военной безопасности государства.

В этой связи одной из самых важных тенденций развития космических аппаратов (КА) для ДЗЗ является создание космических телескопов (КТ) с оптико-электронным телескопическим комплексом (ОЭТК) на борту.

Значительной частью КТ для ДЗЗ является узел главного зеркала (ГЗ), который выполняет основную функцию рефлектора, от его качества зависят возможности телескопа при проведении исследований поверхности Земли.

Цель работы: разработка и расчет конструкции узла ГЗ исходя из выбранных материалов зеркала, вариантов его облегчения и способов крепления к платформе, оптимальной по качеству рабочей поверхности и массе [1].

Важной задачей при разработке и изготовлении космической оптики является правильный выбор материала для зеркал. Материал выбирают, руководствуясь доступностью заготовок необходимых размеров; однородностью материала в объеме заготовки; физическими характеристиками материала, определяющими устойчивость зеркала к механическим и температурным воздействиям; технологичностью материала (трудоемкость обработки при формообразовании рабочей и нерабочих поверхностей); способностью приобретать остаточные деформации; стоимостью [2].

Важнейшей проблемой, определяющей не только стоимость, но и саму возможность создания КТ является уменьшение массы главного зеркала при сохранении высокого качества формы его рабочей поверхности. Одним из решений данной проблемы является создание жестких пассивных зеркал с облегченной структурой, которые в свою очередь влекут уменьшение деформации ГЗ под собственным весом [3].

В проведенном исследовании рассматривались следующие варианты конструкций облегчения ГЗ:

– треугольная;
– трапециевидная;

– гексагональная;
– треугольно-гексагональная.

Конструкция зеркала, изображенная на (рис. 1) представляет собой двухслойное облегченное зеркало, изготовленное на основе электроадгезионной технологии. За счет замкнутой структуры конструкция имеет очень высокую прочность [3, 4].

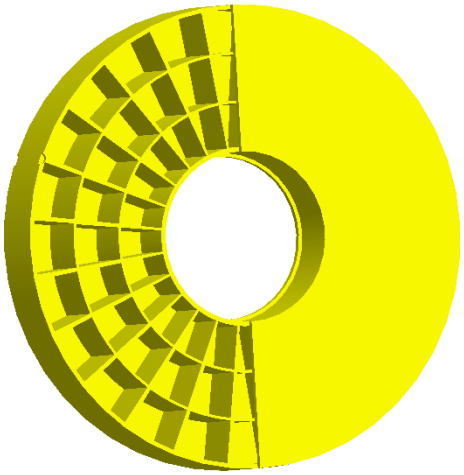


Рис. 1. Двухслойное зеркало с трапециевидным облегчением

Конструкция, изображенная на (рис. 2), облегчается с тыльной стороны выборками треугольной формы. Это наиболее сложная и трудоемкая технология облегчения.

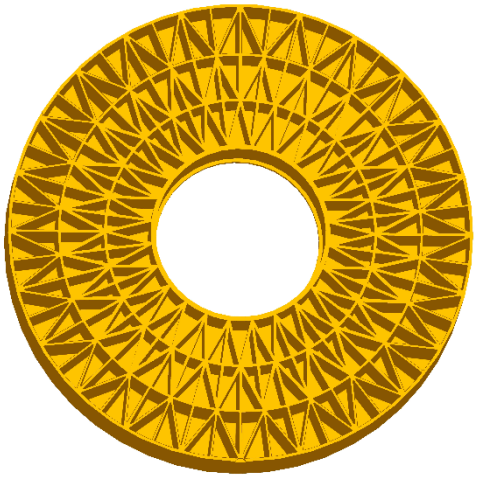


Рис. 2. Зеркало с треугольным облегчением

На (рис. 3) изображена конструкция зеркала, облегчаемая с тыльной стороны выборками гексагональной формы. Данный способ облегчения по жесткости конструкции не уступает двухслойному зеркалу.

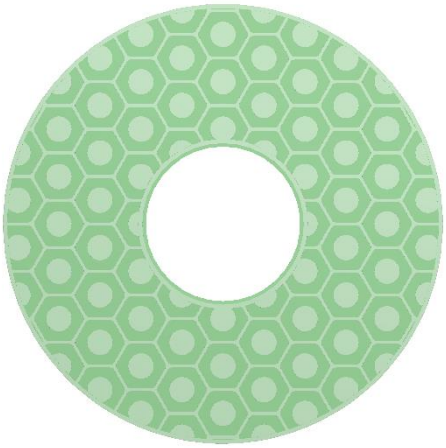


Рис. 3. Зеркало с гексагональным облегчением

На (рис. 4) изображена конструкция зеркала, облегчаемая с тыльной стороны выборками треугольно-гексагональной формы:

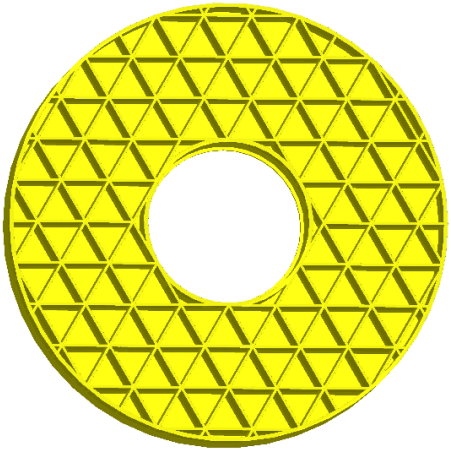


Рис. 4. Зеркало с треугольно-гексагональным облегчением

После выбора вариантов облегчения зеркала проводится оптимизация его геометрических размеров с целью получения максимальной жесткости конструкции при минимальной массе.

Большое значение в конструкции зеркала имеет способ его закрепления на платформе. Для исследования было выбрано два варианта крепления ГЗ к платформе:

– на трех жестких точках по наружному контуру и центральному стакану;
– рех жестких точках, расположенных на оптимальном радиусе с точки зрения деформации рабочей поверхности зеркала.

Оба представленных варианта конструкции крепления ГЗ к оправе имеют свои плюсы и минусы, однако вариант крепления на трех опорах представляется предпочтительнее опоры воспринимают одновременно осевые и поперечные нагрузки, уменьшается возможность деформации поверхности зеркала из-за, технологических особенностей сборки узла крепления.

Для решения задачи расчета качества рабочей поверхности ГЗ КТ используется метод конечных элементов (МКЭ) с целью оценки среднеквадратичного отклонения волнового фронта и определения максимального отклонения от первоначальной формы [5].

В качестве общих исходных данных для расчета было принято:

- главное зеркало, используемое в зеркальной схеме Ричи-Кретьена;
- рабочая поверхность ГЗ вогнутое гиперболическое с радиусом ближайшей сферы ГЗ R = 5668 мм;
- рабочая длина волны λ = 0,633 мкм;
- диаметр световой зоны 1000 мм;
- наружный диаметр *D* = 1030 мм;
- толщина внутренних ребер – 6 мм, наружных радиальных ребер – 8 мм;
- ускорение свободного падения g = 9,81м/с^2;
- расчет прочности зеркала при действии перегрузки 7,8g;
- СКО ВФ формы рабочей поверхности на торцевых разгрузках не более 0,03λ, в горизонтальной схеме контроля – не более 0,05λ.

Варьируемыми параметрами являются высота зеркала H, толщина рабочей поверхности h. Оптимизация параметров конструкции проводится расчетными методами путем исследования конечно-элементной модели зеркала. Зависимость толщины зеркала от схемы облегчения ГЗ представлена в таблице.

Таблица

Зависимость толщины зеркала от схемы облегчения ГЗ

Схема облегчения	h, мм	H, мм	Материалы ГЗ
трапециевидная	11	115; 130; 150	ситалл СО115М; бериллий; карбид кремния; кварцевое стекло
	12,5		
	14		
треугольная	12		
	13		
	15		
гексагональная	10		
	11		
	12,5		
треугольно-гексагональная	12,5		
	14		
	15		

Расчеты проводились в соответствии с гипотезами теории упругости, которые не учитывают влияние внутренних напряжений, предполагают материал изотропным, однородным без свилей, трещин и отвечающий требованию явления упругого последействия.

Выводы

Расчет показал, что лучшие значения по соотношению массы и качества рабочей поверхности получаются при использовании двуслойного зеркала с трапециевидной структурой облегчения, изготовленного из бериллия при высоте зеркал по краю 115 мм, толщине рабочей поверхности 11 мм. СКО ВФ при горизонтальном положении оптической оси составило $\sigma^{г}_{СКОвф} = 0{,}018\lambda$, при вертикальном положении оптической оси $\sigma^{в}_{СКОвф} = 0{,}01\lambda$. Данные значения удовлетворяют условиям обеспечения качества рабочей поверхности зеркала.

Стоит отметить, что двухслойное зеркало КТ, не требует радиальных разгрузок в вертикальной схеме контроля для всех рассмотренных вариантов ГЗ. Двухслойное зеркало является достаточно легким и жестким, что позволяет уменьшить количество торцевых разгрузок при горизонтальной схеме контроля.

Литература

1. Маламед Е. Р. Конструирование оптических приборов космического базирования. - СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. - 291 с.
2. Латыев С.М., Егоров Г.В., Митрофанов С.С., Каракулев Ю.А., Тимощук И.Н. Электронный учебник по дисциплине: "Основы конструирования оптических приборов". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?tutindex=46.
3. Савицкий А.М., Соколов И.М. Вопросы конструирования облегченных главных зеркал космических телескопов // Оптический журнал. – 2009. – № 76(10). –С.94–98. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.opticjourn.ru/download/private/0-0910-94.pdf.
4. Абдулкадыров М., Белоусов С., Игнатов А. Изготовление крупногабаритной оптики наземного и космического базирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lzos.ru/content/view/223/5/`.
5. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. - М.: ДМК Пресс, 2016.



Сидикова Мира Парвизовна
Год рождения: 1995
Факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: s.Mira_1995@mail.ru

УДК 637.136

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА, ОБОГАЩЕННОГО ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ

М.П. Сидикова
Научный руководитель – к.т.н. Т.Н. Евстигнеева

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка состава и технологии кисломолочного продукта, обогащенного пищевыми волокнами».

Актуальность данной работы обусловлена наличием дефицита пищевых волокон в рационах питания населения. Цель исследования – разработать рецептуру и технологию кисломолочного продукта, обогащенного пищевыми волокнами, в качестве источника которых использовали картофельную клетчатку. При разработке продукта решались следующие задачи: определен режим предварительной подготовки клетчатки; обоснован выбор кисломолочного продукта для обогащения; определена оптимальная массовая доля пищевых волокон; произведен подбор наполнителей; способ их внесения в продукт; изучена хранимоспособность готового продукта. Кроме того, рассчитана биологическая ценность белковой и углеводной составляющих и определены характеристики готового продукта. Исходя из цели и задач работы в качестве объектов исследования были выбраны: картофельная клетчатка, образцы кисломолочных продуктов, йогурт с картофельной клетчаткой, в том числе сгусток в процессе производства продукта, наполнители (зерновые добавки «Талкан Шифа» и сахарный сироп). В ходе проведения исследований использовали методы определения органолептических и физико-химических показателей - определяли влагопоглощающую способность картофельной клетчатки, титруемую и активную кислотности сгустков, влагоудерживающую способность сгустков, условную вязкость. На основании проведенных исследований определен режим подготовки пищевых волокон, в качестве объекта обогащения картофельной клетчаткой выбран йогурт со злаками, получены данные о влиянии массовой доли клетчатки на процесс кислотонакопления (происходит его интенсификация). Выбрана рациональная доза внесения картофельной клетчатки в продукт – 2%. Определен состав и способ подготовки зернового наполнителя и сахарного сиропа, и стадия внесения – показана целесообразность совмещения процессов приготовления наполнителей и внесение их перед сквашиванием смеси. Изучена хранимоспособность готового продукта, которая составила с учетом коэффициента резерва – 5 суток. В результате проведенных исследований разработан кисломолочный продукт, обогащенный картофельной клетчаткой с добавлением злакового наполнителя и сахарного сиропа. Потребление разработанного продукта позволит снизить дефицит пищевых волокон в рационах питания различных групп населения.

Во всем мире широкое признание получило развитие нового направления в пищевой промышленности – так называемое функциональное питание, под которым подразумевается использование таких продуктов естественного происхождения,

которые при систематическом употреблении оказывают регулирующее воздействие на организм человека. Существенную долю рынка функционального питания занимают молочные продукты. Среди функциональных ингредиентов важная роль отводится пищевым волокнам. Дефицит пищевых волокон в рационе питания населения обусловливает необходимость обогащения ими различных продуктов, в том числе молочных [1, 2].

Существуют различные подходы к обогащению продуктов пищевыми волокнами. Данная работа отражает наиболее перспективный способ − введением препаратов пищевых волокон. Предварительное выделение из злаков, вторичного растительного сырья или различных нетрадиционных источников концентратов растворимых и нерастворимых пищевых волокон позволяет использовать их в виде очищенных препаратов [3].

Целью исследования явилась разработка состава и технологии кисломолочного продукта с применением картофельной клетчатки (КК) FiberBind 300, которая представляет собой мелкодисперсный однородный порошок светло-бежевого цвета с чистым нейтральным запахом и слабовыраженным специфическим вкусом.

Исследование влияния температурно-временных режимов на влагопоглощающую способность КК в воде и молоке показало, что для обеспечения наибольшей степени набухания клетчатки ее следует выдерживать в части нормализованной молочной смеси при температуре 90°С не менее 15 мин.

На следующем этапе работы выбирали кисломолочный продукт для обогащения картофельной клетчаткой. При этом проводили сравнительную органолептическую оценку выбранных кисломолочных продуктов с введенной в их состав КК. Во всех образцах оценивали вкус и запах, цвет, консистенцию и внешний вид по пятибалльной шкале. По результатам органолептической оценки продуктом для обогащения был выбран йогурт со злаковым наполнителем. В данном продукте привкус КК наиболее гармонично сочетался со вкусом злаков, а частицы КК на фоне злаковых включений были заметны в наименьшей степени.

На следующем этапе определяли рациональную дозу КК в продукте. В ходе выполнения исследований КК вносили в образцы обезжиренного молока в количестве, обеспечивающем дозу КК в смеси 1, 2 и 3%. Контролем служил образец без добавления клетчатки. В процессе сквашивания через каждый час в опытных и контрольном образцах измеряли титруемую кислотность и pH. Внесение картофельной клетчатки несколько активизировало процесс кислотообразования (рис. 1).

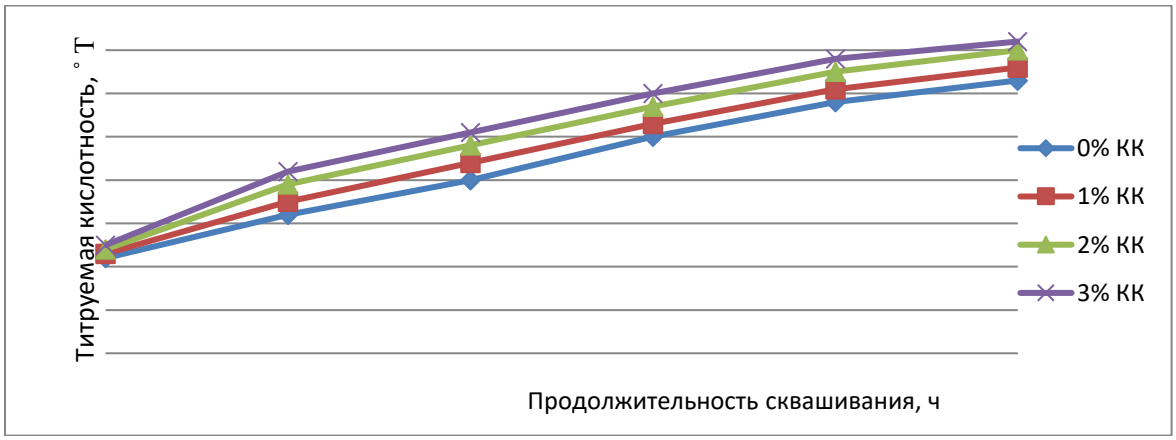


Рис. 1. Изменение титруемой кислотности образцов с различной массовой долей картофельной клетчатки

Основной целью данного исследования было максимальное обогащение продукта пищевыми волокнами при минимальном влиянии на его органолептические показатели в сторону их ухудшения. По совокупности результатов проведенных исследований сделан вывод о том, что рациональная доза введения картофельной клетчатки в состав кисломолочного продукта не должна превышать 2%.

Органолептическая оценка продукта показала, что введение клетчатки без применения каких-либо дополнительных ингредиентов вполне допустимо, однако целесообразно вносить наполнители с соответствующим вкусом и консистенцией для того, чтобы сделать некоторую мучнистость продукта менее заметной. В связи с этим представляется перспективным в качестве наполнителя при производстве кисломолочного продукта с КК использовать злаки. Однако зерновой наполнитель становится наиболее гармоничным в подслащенном продукте. В качестве носителя сладкого вкуса применяли сахарный сироп (с массовой долей сухих веществ 65%) в количестве 10%.

Для определения состава зернового наполнителя добавки «Талкан Шифа» (пшеничный, ячменный, ржаной, овсяной и 4 злака) и сахарный сироп вносили в нормализованные молочные смеси с картофельной клетчаткой. В процессе сквашивания каждый час в исследуемых образцах определяли титруемую кислотность, оценивали органолептические показатели готового продукта. Контролем служил образец с КК. Все зерновые добавки ускоряли процесс кислотонакопления, но при этом по титруемой кислотности образцы не существенно отличались друг от друга (рис. 2).

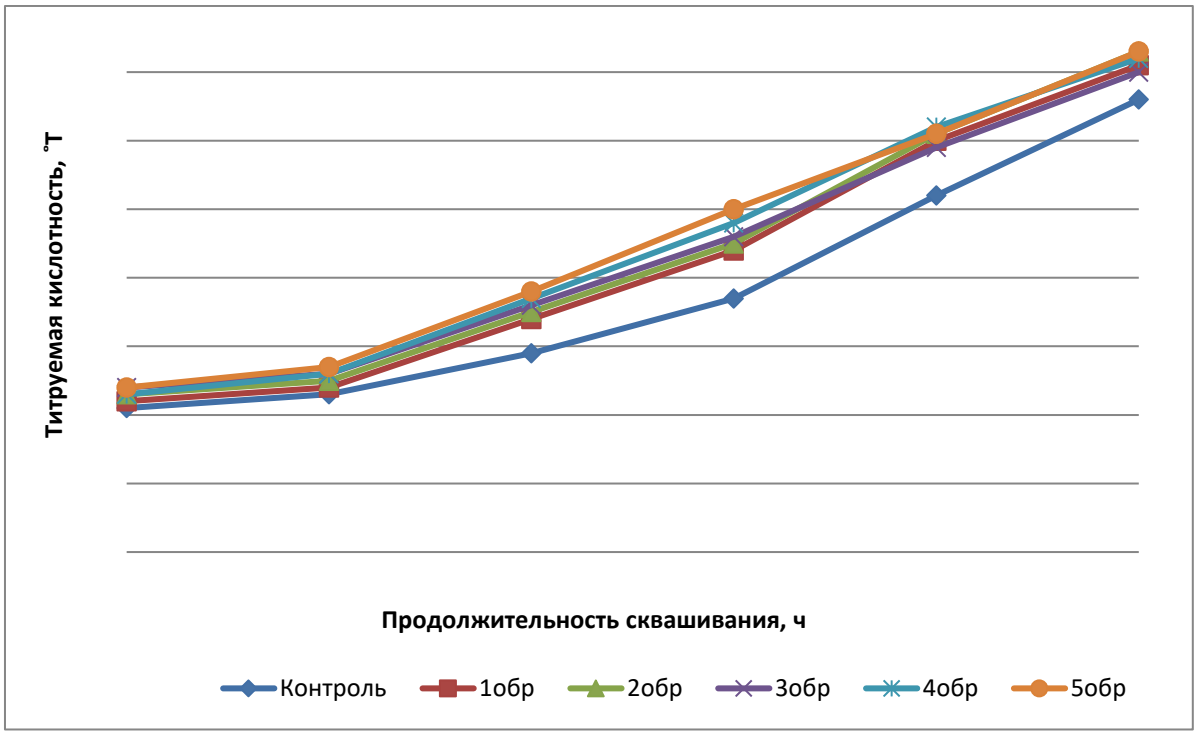


Рис. 2. Титруемая кислотность образцов с различными зерновыми наполнителями

По органолептической оценке, наиболее высокую оценку получил образец «Талкан Шифа» 4 злака, он не только обладал гармоничным, сбалансированным и полным вкусом, но и содержал в своем составе пользу 4 злаков, который и был выбран в качестве зернового наполнителя.

Следующим этапом исследования было определение способа введения вкусовых наполнителей. В таблице указаны выбранные способы введения злакового наполнителя (Т) и сахарного сиропа (С) в состав продукта.

Таблица

Способы приготовления образцов с «Талканом» и КК.

№ обр	Вид и доза наполнителей			Способ внесения наполнителей
	КК (2,0%)	Талкан (2%)	Сироп (10%)	
1	–	–	–	–
2	КК	–	С	С в сгусток
3	КК + Т		С	С в сгусток
4	КК		Т + С	Т + С до сквашивания
5	КК		Т + С	Т + С в сгусток

Контролем служил образец без наполнителей. Кроме того, один из опытных образцов вырабатывали с КК и сахарным сиропом (без зерновой добавки).

Из проведенных исследований следует, что введение зернового наполнителя до сквашивания интенсифицирует процесс кислотонакопления в смеси. Однако следует отметить, что в случае подготовки «Талкана» в составе сахарного сиропа значения титруемой кислотности были несколько ниже, чем при подготовке его совместно с КК. Сделан вывод о целесообразности подготовки «Талкана» в составе сахарного сиропа и введения его в состав смеси перед сквашиванием.

Целью изучения хранимоспособности продукта было определение динамики изменения органолептических и физико-химических показателей (титруемая кислотность, условная вязкость и влагоудерживающая способность) в процессе хранения. Для контроля использовали образец без добавления наполнителей. Наблюдения проводились на 3, 5 и 7 сутки. В процессе хранения титруемая кислотность и условная вязкость исследуемых образцов возрастает, при этом влагоудерживающая способность понижается. Изменения органолептических показателей происходят только на 7-мые сутки. По результатам исследований принимаем срок годности с учетом коэффициента резерва – 5 суток.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Доказана возможность применения картофельной клетчатки при производстве кисломолочных продуктов с целью обогащения их состава пищевыми волокнами.
2. При составлении нормализованной смеси картофельную клетчатку следует выдерживать в течение 15 мин в молоке при температуре 90°С.
3. Наиболее целесообразно вводить картофельную клетчатку в состав кисломолочного продукта типа йогурта в количестве 2%.
4. Применение комплекса злаков, состоящего из пророщенных злаков пшеницы, ячменя, овса и ржи, в количестве 2%, в качестве вкусового наполнителя в составе продукта с картофельной клетчаткой позволило получить продукт с наилучшими потребительскими свойствами.
5. При производстве продукта подготовку злакового наполнителя целесообразно совмещать с процессом приготовления сахарного сиропа. Полученный растительный сироп следует вносить в молочную нормализованную смесь перед сквашиванием.
6. По результатам исследований с учетом коэффициента резерва хранимоспособность продукта составляет 5 суток.

Литература

1. Гаврилова, Н.Б. Биотехнология комбинированных молочных продуктов [Монография] / Н.Б. Гаврилова. - Омск, 2004. – 229, с.
2. Зобкова, З. С. Пищевые волокна [Текст] / Зобкова, З. С. // Молочная промышленность. – Москва, 2013. - № 10. – 167, с.
3. Морозов, А.И. Пищевые волокна в рациональном питании человека [Текст]/ А.И. Морозов. - М.: ЦНИИТЭИ, Москва, 1989. – 196, с.



Скурлов Иван Дмитриевич
Год рождения: 1995
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптической физики и современного естествознания,
группа № V4236
Направление подготовки: 12.04.03 – Физика наноструктур
e-mail: ivan.skurlov.23@gmail.com

УДК 535.37

ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА

И.Д. Скурлов
Научный руководитель – к.ф.-м.н. А.П. Литвин

Работа выполнена в рамках тем НИР №713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур» и №617032 «Разработка новых материалов для фотоники»

В последнее десятилетие увеличивается количество исследований материалов, излучающих в ближней ИК-области (700 нм – 2000 нм). На текущий момент известно множество материалов, излучающих в данной спектральной области, таковыми являются органические красители, полупроводниковые квантовые точки [1], углеродные точки [2], пористый кремний и материалы, допированные ионами редкоземельных элементов, также в данной области люминесцирует синглетный кислород. Ввиду своей точности и сравнительной простоты реализации, фотолюминесцентный анализ является наиболее широко используемым методом исследования. Возрастающее количество исследований свойств подобных материалов приводит к необходимости использования высокочувствительного и настраиваемого под нужды пользователя исследовательского оборудования.

Цель представленной работы заключается в исследовании фотолюминесценции (ФЛ) в ближней инфракрасной области. Особенностью работы является изучение сверхслабых сигналов люминесценции, в качестве объекта изучения выбраны полупроводниковые нанокристаллы сульфида свинца (PbS) в коллоидной форме или в форме тонких плёнок нанесённых на стеклянную подложку методом Лэнгмюра-Блоджетт.

Одной из задач работы являлось создание экспериментального комплекса для исследования фотолюминесценции (ФЛ) в ближнем инфракрасном диапазоне. Принципиальная схема комплекса приведена на рисунке 1. Для выделения исследуемой длины волны используется дифракционный монохроматор Acton SP-2150i с апертурным отношением *f*/4, фокусным расстоянием 150 мм, набором дифракционных решёток на 150 штр/мм и 300 штр/мм (угол блеска – 1.2 мкм). Линейная дисперсия составляет 39.7 нм/мм и 19.5 нм/мм соответственно. Используется классическая 90º схема сбора вторичного излучения. Высокая чувствительность, высокий динамический диапазон и сравнительно малое время накопления сигнала достигается использованием лавинного фотодиода «MicroPhotonDevices» InGaAs/InP в режиме счёта фотонов как детектора сигнала ФЛ. Диапазон чувствительности приёмника составляет 900 – 1700 нм. Использование режима счёта фотонов позволяет проводить как спектральные, так и кинетические измерения ФЛ без необходимости смены детектора. Чувствительность приёмника позволяет проводить спектрально-разрешённый анализ кинетики затухания люминесценции.

Для наиболее эффективного возбуждения ФЛ и, как следствие, возможности

изучения более широкого спектра образцов, необходимо обеспечить максимально возможный диапазон длин волн возбуждающего излучения. В созданном экспериментальном комплексе переключение между набором непрерывных и импульсных источников возбуждающего излучения реализована через использование оптоволоконного тракта для подвода излучения к исследуемому образцу, что значительно упрощает юстировку оптической системы комплекса (рис. 1).

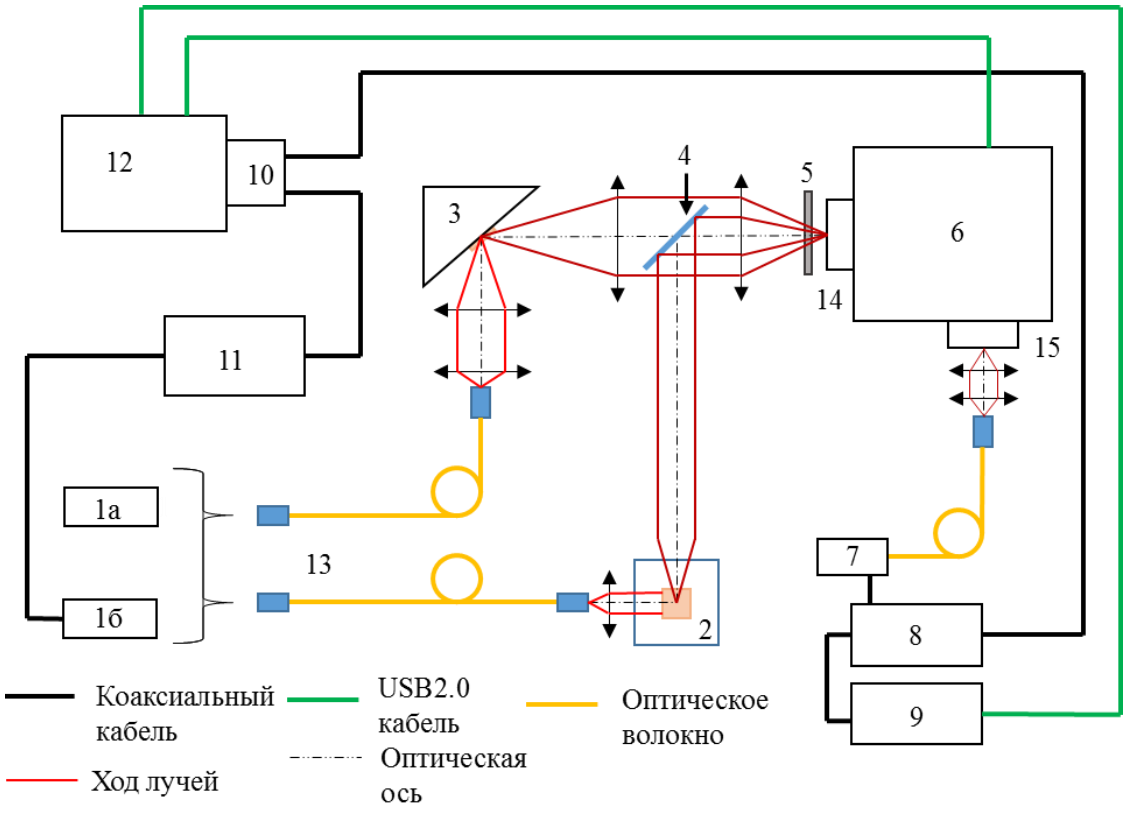


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального комплекса 1а – непрерывный источник возбуждающего излучения; 1б – импульсный лазер; 2 – кюветодержатель; 3 – трёхосевой позиционер для тонкоплёночных образцов (или термостатный столик); 4 – откидное золотое зеркало для переключения между режимами работы с жидкостными/плёночными образцами; 5 – светофильтр для отсечения возбуждающего излучения; 6 – дифракционный монохроматор; 7 – InGaAs/InP лавинный фотодиод (ЛФД); 8 – блок управления ЛФД; 9 – интерфейсный модуль; 10 – плата счёта фотонов (фотонный коррелятор); 11 – генератор импульсов для внешнего запуска; 12 – ПК, осуществляющий управление комплексом; 13 – коллиматоры оптического излучения; 14 – входная щель монохроматора; 15 – выходная щель монохроматора

Для получения дополнительной информации об исследуемом образце путём анализа температурной зависимости, комплекс оборудован термостатным столиком Linkam THMS 600, позволяющим поддерживать температуру тонкоплёночных образцов в диапазоне 78 К – 300 К с точностью до 0.1 К.

Полученный комплекс позволяет регистрировать спектры и кривые затухания ФЛ для образцов, обладающих крайне слабым люминесцентным откликом. На текущий момент удалось получить люминесцентные характеристики таких образцов, как слабоконцентрированный ($5 \cdot 10^{-8}$ М) раствор квантовых точек сульфида свинца (d = 4.3 нм) и тонкой плёнки КТ PbS, толщиной в один-два слоя квантовых точек. Высокая чувствительность используемого приёмника позволила достигнуть малых значений времени накопления сигнала для вышеуказанных образцов. Время накопления составило

до десяти минут в режиме регистрации спектров и до трёх минут в режиме регистрации кинетики затухания.

Создание устройств на основе квантовых точек обычно подразумевает их нанесение в виде тонкой плёнки на подложку. Свойства КТ, упакованных в тонкие плёнки, могут отличаться от таковых в растворе. Таким образом, второй частью работы является более подробное изучение ФЛ свойств полученных монослоёв квантовых точек сульфида свинца с использованием созданного экспериментального комплекса.

Как известно, энергетические, и, тем самым, спектральные, свойства КТ зависят от их размера. Следовательно, в случае плотноупакованного ансамбля КТ с наличием дисперсии по размерам, часто наблюдается перенос энергии от меньших КТ к большим. Как правило перенос проходит по диполь-дипольному (Фёрстеровскому) механизму взаимодействия, иначе называемому FRET (Förster Resonant Energy Transfer – Фёрстеровский резонансный перенос энергии). Одним из проявлений такого переноса является увеличение времени затухания ФЛ акцепторов, т. е. КТ с большим размером.

Исходя из исследования морфологии поверхности, КТ представляют собой плотноупакованный ансамбль. Для установления наличия FRET в исследуемом образце было проведено исследование спектральной зависимости времени затухания ФЛ. Полученные кривые затухания достоверно описываются суммой двух затухающих экспоненциальных функций (1). В качестве параметра оценки кинетики затухания выбрано средневзвешенной по амплитуде время затухания ФЛ, определяемое из (2).

$$I = A_1\, exp(-t/\tau_1) + A_2\, exp(-t/\tau_2) \quad (1)$$

$$\tau_{avg} = \frac{A_1\tau_1 + A_2\tau_2}{A_1 + A_2}. \quad (2)$$

Результаты измерения представлены на рис. 2(а). В качестве контрольного образца использовались аналогичные КТ, изолированные друг от друга в растворе тетрахлорметана. Как видно из рисунка 2(а), по сравнению с опорным образцом (врезка на рис. 2(а) у плотноупакованных КТ наблюдается качественное изменение спектральной зависимости времени затухания ФЛ, что свидетельствует о наличии FRET в исследуемом образце.

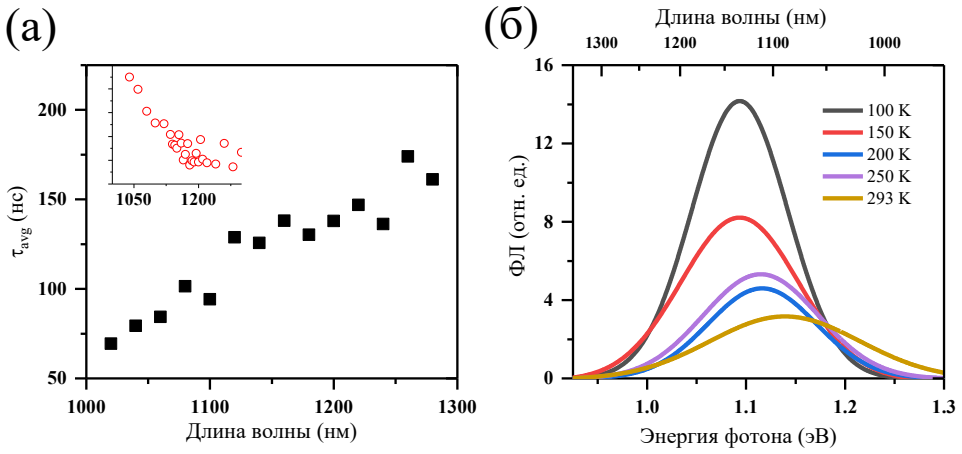


Рис. 2. (а) спектральная зависимость средневзешенного времени затухания квантовых точек PbS в форме плотноупакованного монослоя, на врезке – спектральная зависимость времени затухания для изолированных КТ в растворе; (б) набор спектров ФЛ тонкой плёнки КТ PbS, полученный в диапазоне температур 100 К – 293 К

Анализ температурной зависимости люминесценции используется для изучения излучательных и безызлучательных процессов релаксации, а также для исследования экситон-фононного взаимодействия. Для анализа температурной зависимости ФЛ исследуемого образца были зарегистрированы спектры ФЛ в диапазоне температур 100 К – 293 К. Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы функцией Гаусса, отслеживались изменения следующих параметров ФЛ: положение максимума, интенсивность, полная ширина на половине высоты (FWHM). Полученные спектры представлены на рисунке 2(б).

Изменение положения максимума достаточно хорошо описывается функцией (3), предложенной Варшни в работе [3].

$$E_g(T) = E_0 + \alpha \frac{T^2}{T+\beta} \quad (3)$$

где E_0 – ширина запрещённой зоны при температуре абсолютного нуля, α – коэффициент температурного сдвига ширины запрещённой зоны, β – константа, близкая к температуре Дебая (145 К для объёмного PbS). Полученное значение коэффициента α составило 223 ± 60 мкэВ/К, что с учётом погрешности удовлетворяет литературным данным, полученным ранее для КТ близкого размера [4].

Анализируя температурную зависимость полной ширины на половине высоты (FWHM) можно получить информацию об экситон-фононном взаимодействии. На рисунке 17 представлена зависимость FWHM КТ от температуры. Подобная зависимость описывается следующей формулой (4).

$$FWHM(T) = \Gamma_{inh} + \sigma T + \frac{\gamma}{exp(E_{LO}/k_B T)-1} \quad (4)$$

где Γ_{inh} – уширение спектра при нулевой температуре, возникающее преимущественно вследствие распределения КТ по размерам и форме; σ – константа взаимодействия экситонов с акустическими фононами; γ – константа взаимодействия экситонов с LO-фононами; E_{LO} – величина энергии LO-фонона. При фиксированном значении ELO на уровне 25.4 мэВ, наиболее удачный вариант аппроксимации получился при значении σ, стремящемся к нулю, и значениях γ = 84 ± 23 мэВ, Γinh = 108 ± 15 мэВ.

Зависимость интенсивности ФЛ от температуры можно описать через энергию активации Ea.

$$I(T) = \frac{I_0}{1+A\cdot exp\left(-\frac{E_a}{k_B T}\right)} \quad (5)$$

Полученное значение энергии активации составило Ea = 30 ± 15 мэВ, что, с учётом погрешности, совпадает с энергией LO-фонона для PbS.

В работе представлен экспериментальный комплекс для изучения люминесценции в ближнем инфракрасном диапазоне. Проведено исследование оптических параметров монослоя сульфида свинца, полученного методом Лэнгмюра-Блоджетт. Было установлено наличие переноса энергии. Проведён анализ температурной зависимости ФЛ. Дальнейшее изучение температурных зависимостей фотолюминесценции тонких плёнок КТ различного размера позволит получить более полное представление о влиянии эффекта квантового конфайнмента на свойства квантовых точек, излучающих в ближнем ИК диапазоне, что может расширить существующие представления о физике низкоразмерных систем ИК диапазона.

Литература

1. Litvin A.P. [и др.]. Colloidal quantum dots for optoelectronics // Journal of Materials Chemistry A. – 2017. – № 26 (5). – С. 13252–13275.
2. Li D. [и др.]. Near-Infrared Excitation/Emission and Multiphoton-Induced Fluorescence of Carbon Dots // Advanced Materials. – 2018. – № 13 (30). – С. 1705913.
3. Varshni Y.P. Temperature dependence of the energy gap in semiconductors // Physica. – 1967. – № 1 (34). – С. 149–154.
4. Litvin A.P. [и др.]. Photoluminescence of Lead Sulfide Quantum Dots of Different Sizes in a Nanoporous Silicate Glass Matrix // Journal of Physical Chemistry C. – 2017. – № 15 (121). – С. 8645–8652.



Смаилова Аида Ерланкызы
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ
тепло-хладотехники,
группа № W4262c
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: aida.93.28@mail.ru

УДК 536.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОМЕТРИЙ

Е.А. Смаилова
Научный руководитель – д.т.н. Н.В. Пилипенко

Работа посвящена методике восстановления нестационарных тепловых потоков с помощью батарейного ПТП, в основе которой лежит параметрическая идентификация дифференциально-разностной модели теплопереноса системе тел [1, 2].

Проведен анализ нестационарного теплопереноса в батарейных ПТП. Получены и исследованы динамические характеристики, а именно переходные, импульсные, частотные характеристики.

Рассмотрено влияние теплоизолирующих слоев на динамические характеристики и восстановление искомого потока.

Исследовано влияние предложенной методики на неопределенность восстановления теплового потока [1, 2, 5].

Параметрическая идентификация процессов нестационарного теплопереноса в ПТП. В качестве объектов для реализации предлагаемой в работе методологии выбраны одномерные инерционные ПТП.

Требуется восстановить нестационарный тепловой поток, проходящий через тепломер. При численном моделировании процесса теплообмена предполагается, что коэффициент теплопроводности λ, плотность ρ, удельная теплоемкость с материала тепломера, а также коэффициенты теплообмена поверхностей ПТП с окружающей средой не зависят от температуры, то есть задача является линейной. Начальное распределение температуры T0(x) считается известным [1, 2, 3, 4, 7].

Построение дифференциально-разностной модели для батарейного ПТП.

Батарейный ПТП состоит из трех частей (рис. 1): 1, 3 – слой эпоксидной смолы с кварцевым наполнителем, 2 – чувствительный элемент (медь-константановая термобатарея) [6].

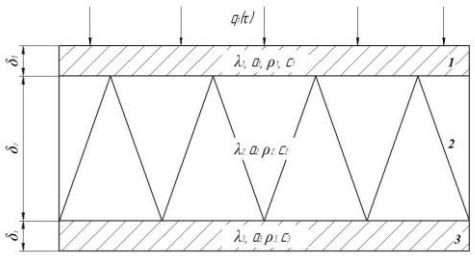


Рис. 1. Тепловая модель батарейного ПТП

Таблица 1

Исходные данные.

	1	2	3
δ, *м*	$0{,}1\cdot10^{-3}$	$1{,}3\cdot10^{-3}$	$0{,}1\cdot10^{-3}$
λ, *Вт/(м·К)*	0,2	0,7	0,2
a, $м^2/с$	$0{,}11\cdot10^{-6}$	$0{,}22\cdot10^{-6}$	$0{,}11\cdot10^{-6}$
Δ, *м*	$0{,}025\cdot10^{-3}$	$0{,}144\cdot10^{-3}$	$0{,}025\cdot10^{-3}$

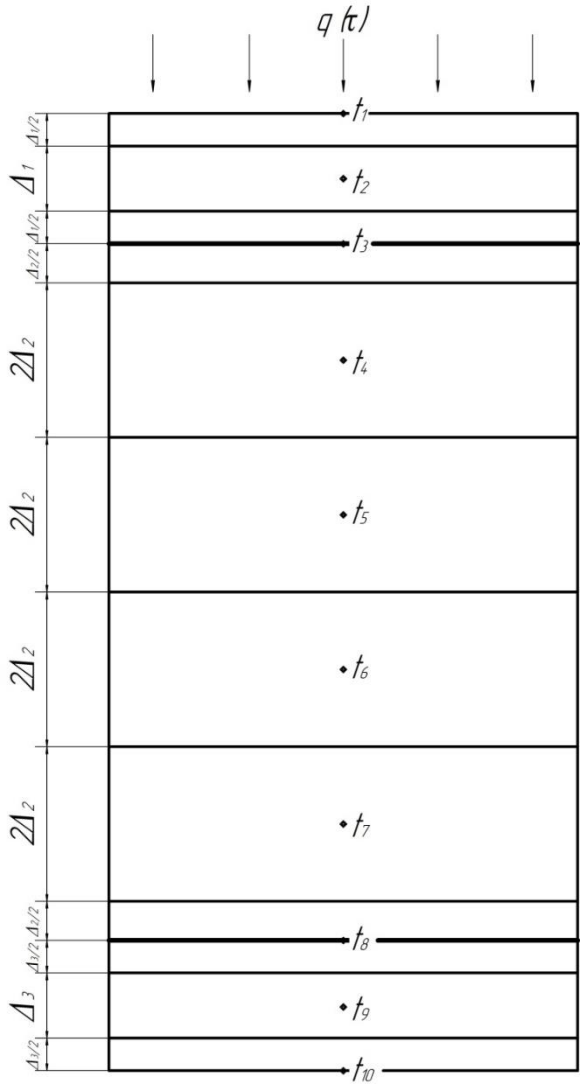


Рис. 2. Топология ДРМ батарейного ПТП

Уравнения теплового баланса (1):

$$\begin{cases} q_1(\tau)S = C_1\dfrac{dt_1}{d\tau} + \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_1 - t_2), \\ \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_1 - t_2) = C_1\dfrac{dt_2}{d\tau} + \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_2 - t_3), \\ \dfrac{\lambda_1 S_{2-3}}{\Delta_1}(t_2 - t_3) = (c_1\rho_1 S\Delta_1 + c_2\rho_2 S\dfrac{3}{2}\Delta_2)\dfrac{dt_3}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\frac{3}{2}\Delta_2}(t_3 - t_4), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\frac{3}{2}\Delta_2}(t_3 - t_4) = C_2\dfrac{dt_4}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_4 - t_5), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_4 - t_5) = C_2\dfrac{dt_5}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_5 - t_6), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_5 - t_6) = C_2\dfrac{dt_6}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_6 - t_7), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{2\Delta_2}(t_6 - t_7) = C_2\dfrac{dt_7}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\frac{3}{2}\Delta_2}(t_7 - t_8), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\frac{3}{2}\Delta_2}(t_7 - t_8) = (c_2\rho_2 S\dfrac{3}{2}\Delta_2 + c_1\rho_1 S\Delta_1)\dfrac{dt_8}{d\tau} + \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_8 - t_9), \\ \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_8 - t_9) = C_1\dfrac{dt_9}{d\tau} + \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_9 - t_{10}), \\ \dfrac{\lambda_1 S}{\Delta_1}(t_9 - t_{10}) = C_1\dfrac{dt_{10}}{d\tau} + q_2(\tau)S, \end{cases} \quad (1)$$

Вектор управления $\vec{U}(\tau)$, а также матрицы управления G и обратных связей F для батарейного ПТП имеют вид (рис. 3): [6]

$$G := \begin{pmatrix} \frac{2}{\frac{\lambda_1}{a_1}\Delta_1} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{2}{\frac{\lambda_1}{a_1}\Delta_1} \end{pmatrix} -$$

	0	1
0	0.022	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0.022

Рис. 3. Матрица уравнения G

Таким образом, матрица обратных связей приобретает вид табл. 2:

Таблица 2

Матрица обратных связей.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-44	44	0	0	0	0	0	0	0	0
1	44	-88	44	0	0	0	0	0	0	0
2	0	5.126	-9.267	4.14	0	0	0	0	0	0
3	0	0	7.03	-12.302	5.272	0	0	0	0	0
4	0	0	0	5.272	-10.544	5.272	0	0	0	0
5	0	0	0	0	5.272	-10.544	5.272	0	0	0
6	0	0	0	0	0	5.272	-12.302	7.03	0	0
7	0	0	0	0	0	0	4.14	-9.267	5.126	0
8	0	0	0	0	0	0	0	44	-88	44
9	0	0	0	0	0	0	0	0	44	-44

Матрица измерений $\boldsymbol{H}$= [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1]
Начальные температуры – нулевые.
Время наблюдения – 5 секунд.
Временной шаг – 0.01 секунда.
Количество шагов – 500.
Количество членов ряда – 10.
Граничные условия 2 рода.
Поток сверху (на первом блоке), Вт/м^2: $q(t) = 10000+10000 \cdot sin\ (0{,}02 \cdot t)$
Поток снизу (на последнем блоке), Вт/м^2: $q(t) = 0$.
Длина интервалов сплайн-аппроксимации – 20.
Результаты исследования по восстановлению теплового потока (рис. 4).

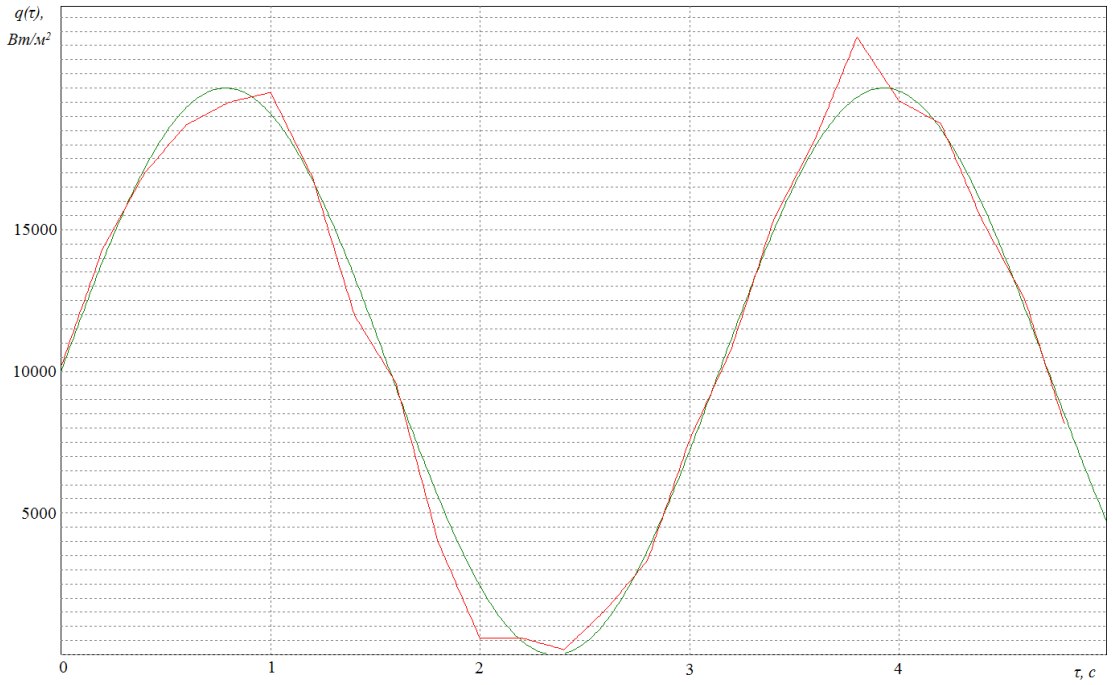


Рис. 4. Восстановление потока

Расхождение потоков составило:
Минимальное: 73 Вт/м^2;
Максимальное: 1824 Вт/м^2;
Среднее: 948,5 Вт/м^2;

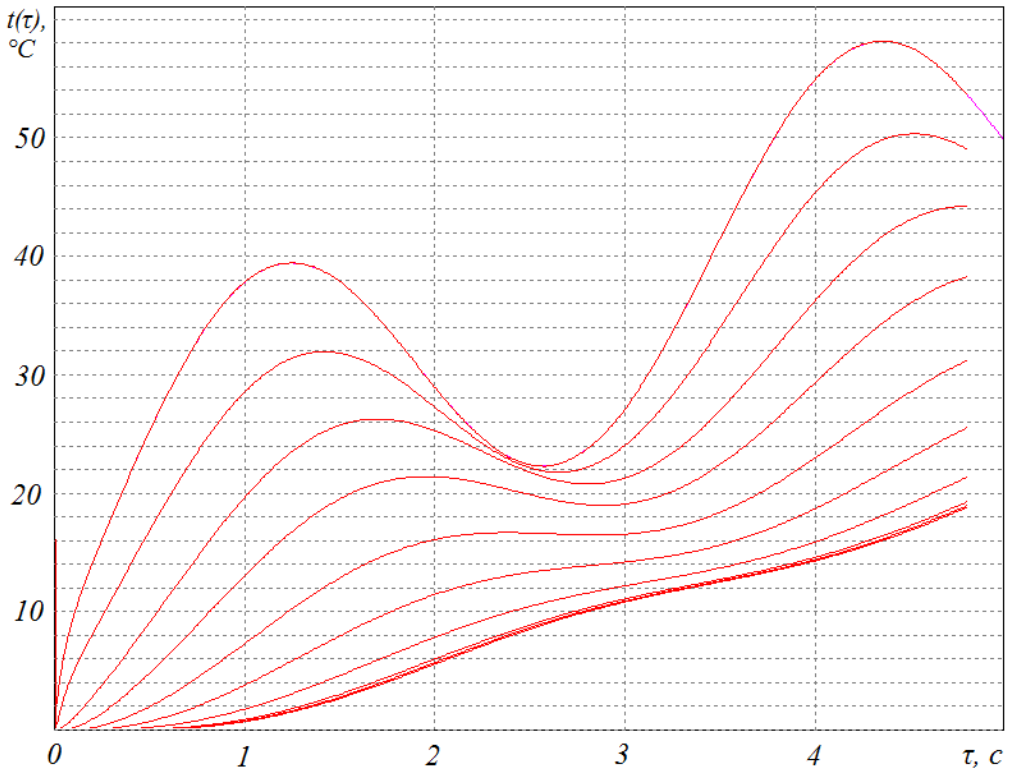


Рис. 5. Восстановление температуры

Литература

1. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплометрии на основе решения обратных задач теплопроводности, - СПб: СПБГУ ИТМО, 2011. – 180 с.
2. Бек Дж., Блакуэлл Б., Сент-Клэр Ч. Некорректные обратные задачи теплопроводности. М.: Мир, 1989.
3. Алифанов О.М. Обратные задачи Теплообмена. - М.: Машиностроение, 1988.
4. Дульнев Г.Н., Тихонов С.В. Теория тепло- и массообмена. Точные методы решения задач теплопроводности и диффузии // Л.: Машиностроение, 1981.
5. Пилипенко Н.В. Сенсоры нестационарной теплометрии и их математические модели //Научно- технический вестник Санкт-Петербургского национального университета информационных технологий, механики. – 2011, №3(73), с. 53-56.
6. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплометрии на основе решения обратных задач теплопроводности, – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 180 с.
7. Пилипенко Н. В. Восстановление нестационарных тепловых потоков на основе решения обратных задач теплопроводности // Изв. вузов – Приборостроение. – 2017, №7, с. 46-51.



Смельцова Александра Сергеевна
Год рождения: 1994
Факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: vs.asha@mail.ru

УДК 637.3

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРНОГО ПРОДУКТА, ОБОГАЩЕННОГО РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

А.С. Смельцова
Научный руководитель – д.т.н. Т.П. Арсеньева

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В настоящее время большое внимание уделяют ученые разработке технологий молочных продуктов функционального питания. Это связано с важностью данной категории продуктов в оптимизации питания населения. Они являются элементом сбалансированного питания и способны предупреждать заболевания, проводить их коррекцию и профилактику. Плавленые сырные продукты разнообразно представлены по рецептуре, в том числе и с наполнителями растительного происхождения. Но отметить функциональные свойства и высокое качество продукции можно далеко не всегда. Разработать необходимо качественный функциональный продукт питания, обеспечивающий определенные свойства за счет вносимого растительного сырья [1 – 3].

Целью исследования является разработка плавленого сырного продукта, относящегося к сегменту функциональных пищевых продуктов, с внесением растительного сырья для обогащения продукта. Для достижения поставленной цели сформулированы основные задачи исследований: изучить рынок плавленых сырных продуктов; изучить свойства растительного сырья в качестве функциональных ингредиентов; предоставить рекомендации по потреблению функционального плавленого сырного продукта; разработать рецептуру плавленого сырного продукта; отработать технологию разрабатываемого продукта; рассчитать пищевую и энергетическую ценность; исследовать и обосновать сроки годности разработанного продукта.

В результате теоретических и экспериментальных исследований разработана технология и рецептура плавленого сырного продукта, обогащенного растительными компонентами. На производство продукта разработаны необходимые технические условия и технологические инструкции.

На основании литературного обзора были рассмотрены такие растительные масла как: льняное, оливковое, кукурузное. С перечисленными растительными маслами были составлены рецептуры плавленого сырного продукта. Данные образцы были оценены по органолептическим показателям, согласно балльной оценке.

Для улучшения соотношений данных жиров выбрано масло оливковое, с которым проводились дальнейшие исследовательские работы (1:12). Оливковое масло так же обладает наиболее высокой окислительной стабильностью, что позволяет вырабатывать

наиболее стабильный, качественный, а главное - полезный продукт с высоким сроком годности.

Подбор дозы внесения растительного масла осуществлялся расчетным способом для получения готового продукта с заданной массовой долей жира, а также с учетом жирнокислотного состава. Дальнейшие исследования проводили с опытным образцом плавленого сырного продукта с массовой долей жира в сухом веществе 60%.

Предварительно для дальнейших экспериментов были выбраны такие соль-плавители как триполифосфат натрия и кальций лимонокислый (цитрат кальция). Фосфат отвечает за хорошее кремообразование, другая же соль подобрана в качестве регулятора кислотной среды и вкуса. Соли лимонной кислоты уравновешивают типичный сырный аромат, соленость и придают освежающий вкус плавленому сырному продукту.

Проведены эксперименты по подбору солей-плавителей. Для этого подготавливали образцы плавленого сырного продукта с общей дозой внесения солей-плавителей 2%, но различными комбинациями полифосфата натрия и цитрата кальция.

В связи с тем, что при данной дозе внесения солей (2% к общей массе теста), образцы плавленного сырного продукта оказались излишне солеными на вкус, а консистенция вязкая в образцах с высоким содержанием фосфата натрия, были проведены дополнительные исследования с пониженными дозами внесения солей. Согласно полученным результатам выбрана доза внесения солей 1,8% от общей массы теста. Наилучшая консистенция и вкус у образца с долей внесения триполифосфата натрия 1,6%, кальция лимонокислого – 0,4%.

На основании предварительных экспериментальных исследований с различными растительными добавками (базилик, шиповник, эхинацея, женьшень, элеутероккок, радиола розовая, цикорий, корица, имбирь), вносимых в количестве 0,6% от массы смеси, по наилучшей вкусовой сочетаемости с плавленым сырным продуктом для проведения дальнейших экспериментальных исследований были выбраны цикорий и имбирь, обладающие противовосполительными и противопоразитальными свойствами. Данные образцы получили наилучшие оценки по органолептическим показателям. Дальнейшие экспериментальные

исследования по подбору доз внесения наполнителей проводил со смесью имбиря и цикория. Наилучшую оценку по вкусу и консистенции получил образец с внесением имбиря и цикория в соотношении 2:1.

Дальнейшие эксперименты по подбору общей дозы внесения смеси наполнителей проводили с внесением имбиря и цикория в соотношении 2:1. Дозу внесения смеси растительных добавок варьировали от 0,5 до 1% с шагом 0,1%. Наилучшую оценку по вкусу получил образец с внесением смеси наполнителей в дозе 0,9% к массе сырной смеси. Дальнейшую экспериментально-исследовательскую работу проводили с данным лидирующим образцом, обогащенным цикорием и имбирем, которые ни только образуют оригинальный вкус, оттенок продукта, но и несут функциональные свойства.

Исходя из расчета биологической ценности липидной составляющей установлено, что опытный образец плавленого сырного продукта практически приближен к рекомендованному, как «гипотетически идеальный жир».

В ходе экспериментальных исследований были установлены сроки годности плавленого сырного продукта. На хранение при температуре 2-4^{o}С и относительной влажности воздуха не более 85 % закладывали опытные и контрольные образцы.

Оценку показателей качества проводили через каждые 10 суток в течение 90суток. Установлены сроки годности плавленого сырного продукта с использованием растительного сырья в течение 90 суток при температуре хранения 2-4^{o}С и относительной влажности воздуха не более 85%. Однако, руководствуясь методикой расчета сроков годности, срок годности составляет 60 суток.

Таким образом, разработаны состав и технология биологически ценного плавленого сырного продукта, обогащенного цикорием и имбирем, а также с частичной заменой молочного жира оливковым маслом. Подобраны растительные наполнители и растительное масло, а также дозы их внесения. Подобраны соли-плавители и определена доза их внесения. Установлены сроки хранения продукта и разработан проект технической документации на производство.

Литература

1. Василенко В.Н., Баутин В.М., Фролова Л.Н., Драган И.В. Улучшение системы менеджмента качества масложирового предприятия на основе совершенствования технологических процессов // Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 1. С. 183-187.
2. Василенко Л.И., Горбатова А.В., Фролова Л.Н. Разработка лечебно-профилактических продуктов с использованием микрокапсулированных биопрепаратов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2 (56). С. 179-181.
3. Василенко Л.И. Создание функциональных молочно-зерновых продуктов питания, адаптированных для различных групп населения // «Хранение и переработка зерна». 2010. № 1. С. 41 – 44.



Старовойтов Сергей Олегович
Год рождения: 1995
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4200
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: s.starovoitov95@gmail.com

УДК 535.417

АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ ПРОЕЦИРУЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАЛИЧИЕМ НЕСУЩЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО МНОГОСЛОЙНОГО ЭКРАНА

С.О. Старовойтов
Научный руководитель – д.т.н. С.Н. Корешев

В связи с распространением электронной техники все более и более широкое применение находят мультимедийные проекторы, работающие совместно с ПК, и способные с помощью специальной оптической системы строить изображение на большом экране. Такие проекторы могут использоваться в сфере развлечений – на массовых мероприятиях, в образовании, в бизнесе и научной деятельности – например, на выставках и конференциях. Ключевой их особенностью является двухмерный характер демонстрируемого на экране изображения. Создание трехмерной мультимедийной системы может дать принципиально новые возможности для удобной демонстрации сложных объектов потребителю. В рамках работы был проведен обзор различных вариантов реализации таких систем, среди которых наиболее перспективными являются мультимедийные проекторы, в которых формирование трехмерного изображения осуществляется с применением синтезированных голограмм [1, 2]. Ключевой их недостаток заключается в использовании экранов, непригодных для мультимедийных проекторов, в первую очередь из-за недостаточного размера. Применение голографического многослойного экрана позволяет решить эту проблему и демонстрировать полноценное трехмерное изображение на большом экране. При этом наличие у такого экрана несущей пространственной частоты, связанной с необходимостью проецирования изображения под скользящим углом, приводит к появлению в таком изображении искажений. Таким образом, целью данной работы являлось создание схемы трехмерного мультимедийного проектора с использованием синтезированных голограмм и голографического многослойного экрана, а также анализ и ликвидации искажений, возникающих в подобной системе.

Синтез голограмм для работы с предлагаемой мультимедийной системой может осуществляться в специализированном программном комплексе по синтезу и восстановлению голограмм-проекторов Френеля, разработанном на кафедре Прикладной и компьютерной оптики. Метод синтеза голограмм, который применяется в комплексе, основан на математическом моделировании реальных процессов формирования голографического поля, происходящих при регистрации обычных аналоговых голограмм [3]. При этом сам объект представляется как дискретный амплитудный бинарный транспарант, работающий на пропускание и освещаемый плоской волной.

В качестве устройства отображения ранее синтезированной с помощью программного комплекса и прошедшей процедуру бинаризации голограммы используется DLP матрица Texas Instruments DLP 4710. Такая матрица представляет собой набор микрозеркал, способных мгновенно отклоняться в одно из двух стандартных положений табл. 1, что и создает изображение на экране.

Таблица 1

Характеристики матрицы DLP4710

Разрешение	1920×1080
Диагональ массива микрозеркал	11,93 мм
Размер пикселя (микрозеркала)	5,4 мкм
Углы поворота микрозеркал	±17°

Схема предлагаемого в работе устройства основана на использовании коммерчески доступного проектора с внесением некоторых модификаций, связанных с использованием в ней синтезированных голограмм. В частности, голографический многослойный экран, применяемый в системе, представляет собой стопу рельефно-фазовых голографических рассеивателей, выполненных на полимерной пленке. При этом необходимость проецирования изображения на экран под скользящим углом приводит к появлению искажений в изображении. Для их исправления в структуру исходного объекта, голограмма которого будет синтезироваться и далее восстанавливаться системой, изначально необходимо внести модификации, характер которых будет исследован далее.

Таким образом, общая схема предлагаемого проектора имеет вид (рис. 1):

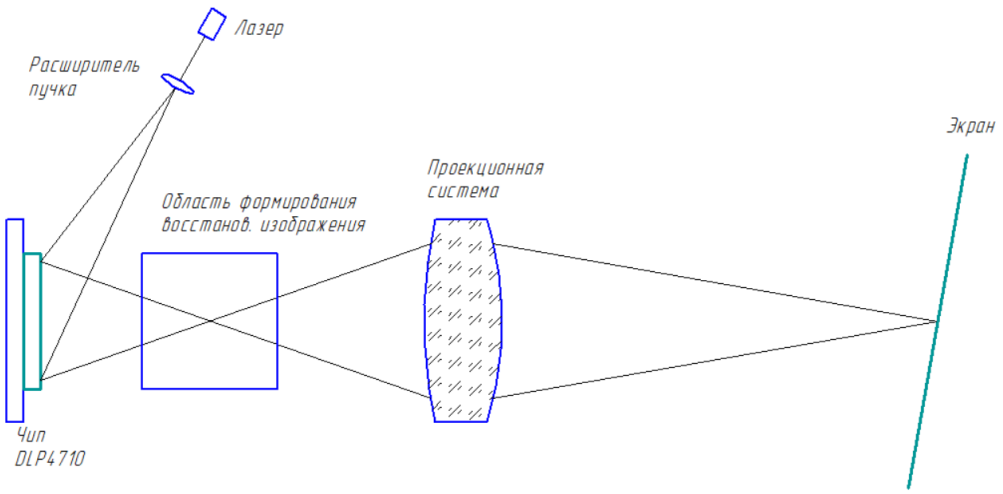


Рис. 1. Схема мультимедийного проектора

В нем лазер освещает DLP матрицу, на которую подается ранее синтезированная на компьютере голограмма. После матрицы формируется восстановленное изображение, идентичное исходному виртуальному объекту. Далее оно проекционным объективом направляется на голографический многослойный экран. Преимущества системы заключаются в том, что она может быть реализована на базе коммерчески доступного проектора и дает возможность наблюдения изображения на фоне реально находящихся за ним объектов.

Использование DLP матрицы приводит к необходимости предварительной бинаризации голограммы. Поскольку разрабатываемая система должна работать с объектами различного вида и размера, было проведено исследование влияния структуры объекта на оптимальный уровень бинаризации голограммы. Для него было выбрано четыре тестовых объекта, показанных на (рис. 2). Синтез, бинаризация, и восстановление соответствующих голограмм проводились в ранее упомянутом программном комплексе.

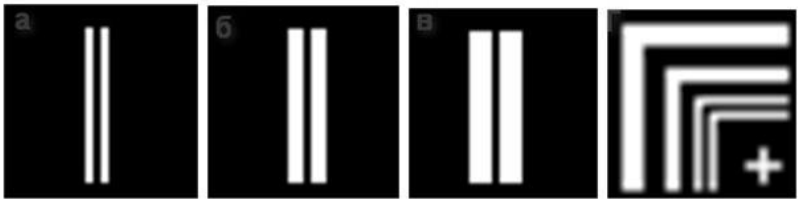


Рис. 2. Экспериментальные объекты: Щели 2×40 пикселей (а), Щели 4×40 пикселей (б), Щели 6×40 пикселей (в), Уголки (г)

Количественный критерий качества восстановленного изображения выражался через число градаций при пороговой обработке этого изображения, при котором распределение интенсивности в восстановленном изображении было бы идентично распределению интенсивности в исходном объекте. Представленный на (рис. 3) график отражает зависимость этого числа градаций от уровня бинаризации голограммы для четырех исследованных объектов.

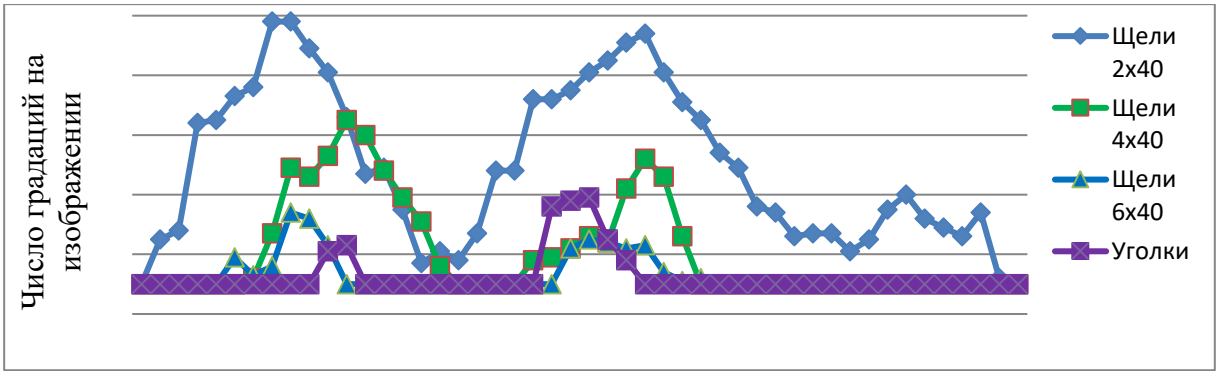


Рис. 3. Зависимость числа градаций при пороговой обработке от уровня бинаризации голограммы для четырех исследованных объектов

По результатам исследования установлено, что общий характер рассматриваемой зависимости остается постоянным для любого объекта. Структура объектов оказывает влияние лишь на максимальное число градаций при пороговой обработке и точное значение оптимального уровня бинаризации.

Исходными данными для расчета параметров синтеза голограмм были технические характеристики используемой матрицы Texas Instruments DLP 4710 и длина волны гелий-неонового лазера. Для получения изображения высокого качества необходимо было обеспечить полную регистрацию всего объектного пучка, дифрагировавшего на фотошаблоне, а также пространственное разделение разных компонентов поля, восстанавливаемого с помощью голограммы [4]. Разделение дифракционных порядков осуществлялось за счет соблюдения определенных соотношений [5] между размерами пикселя объекта и голограммы, длиной волны лазера и углом падения опорной волны, полученных в предыдущих исследованиях, посвященных влиянию дискретного характера синтезированных голограмм на их

изображающие свойства. Все параметры, необходимые для синтеза и восстановления голограмм-проекторов в ранее упомянутом программном комплексе. Они представлены в табл. 2 вместе с исходными техническими характеристиками используемой DLP матрицей.

Таблица 2

Параметры синтеза голограмм

Параметр	Значение
Длина волны источника излучения	$\lambda = 0{,}6328$ мкм
Характеристический размер объекта	$a_t = 21{,}6$ мкм
Угол падения опорного пучка	$\theta = 16{,}16°$
Расстояние между объектом и голограммой	$H = 18{,}3$ мм
Размер объекта в пикселях	220×392

В табл. 3 представлены параметры получаемого на экране изображения и характеристики используемого в системе голографического многослойного экрана. Проецирование изображения на такой экран необходимо осуществлять не по нормали, а под скользящим углом, тогда в сторону глаз наблюдателей направляется только первый из сформированных структурой экрана порядок дифракции.

Таблица 3

Характеристики экрана и параметры получаемого изображения.

Параметр	Значение
Расстояние проецирования	$D = 5$ м
Размер изображения на экране	$3{,}333 \times 1{,}87$ м
Размер пикселя на экране	$p = 0{,}0085$ м
Угловой размер пикселя при наблюдении с расстояния $D = 5$ м	$\alpha = 0{,}0974°$
Угол падания световой волны на экран	$\psi = 27°$
Частота дифракционной структуры на экране	$N = 2300$ штрихов/мм

Использование такого метода проецирования позволяет создавать полноценное трехмерное изображение, но имеет также и недостаток – в каждом из планов этого изображения возникают искажения. Они вызваны тем, что положение экрана относительно оптической оси отличается от положения, которое занимал виртуальный объект на стадии синтеза голограммы, на рассчитанный угол в 27 градусов. Для их исправления необходимо внести такой сдвиг по оптической оси в положение точек исходного объекта, чтобы его восстановленное изображение строилось проекционной системой прямо на слоях экрана. Значение этого сдвига можно рассчитать исходя из положения экрана и фокусного расстояния проекционной системы.

По итогам расчета установлено, что исправление искажений можно обеспечить еще на этапе формирования виртуального объекта в программном комплексе путем изменения значения расстояния между объектом и голограммой для пикселей с различной вертикальной координатой по следующей формуле:

$$R_n = 18{,}3 + \frac{n}{220} * 0{,}0147 \text{ мм} \quad (1)$$

Заключение. В данной работе были предложены и исследованы принципы построения трехмерного мультимедийного проектора на основе технологий синтезированной голографии и даны рекомендации по выбору подходящей структуры экрана. Выявлен характер возникающих в такой системе из-за необходимости проецирования изображения на экран под скользящим углом искажений; они могут быть исправлены по предложенной формуле на этапе формирования виртуального объекта, изображение которого будет строить проекционная система.

Литература

1. A. Sheet, M. Sayed. 3D computer generated medical holograms using spatial light modulators // Journal of Electrical Systems and Information Technology. 2014. Vol. 1(2). P. 103–108.
2. M. Huebschman, B. Munjuluri, H. Garner. Dynamic holographic 3-D image projection // Optics Express. 2003. Vol. 11(5). P. 437–445.
3. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Иванов Ю.А. Программный комплекс для синтеза и цифрового восстановления голограмм-проекторов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2009. №5 (63). С. 42 – 47.
4. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Смородинов Д.С. Изображающие свойства дискретных голограмм. I. Влияние дискретности голограмм на восстановленное изображение. Оптический журнал. 2014. Т. 81. № 3. С. 14-19
5. Корешев С.Н., Смородинов Д.С., Никаноров О.В. Влияние дискретности синтезированных и цифровых голограмм на их изображающие свойства // Компьютерная оптика. -2016. – Т.40, №6. – С. 793 – 801.



Степаниденко Евгения Александровна
Год рождения: 1994
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптической физики и современного естествознания,
группа № V4236
Направление подготовки: 12.04.03 – Физика наноструктур
e-mail: stepanidenko.e@mail.ru

УДК 535.34+535.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СУПЕРСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdZnSe/ZnS И НАНОЧАСТИЦ Au

Е.А. Степаниденко
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Е.В. Ушакова

Работа выполнена в рамках тем НИР № 370063 "Исследование модификации оптических откликов полупроводниковых и металлических наночастиц при их взаимодействии в упорядоченных ансамблях", НИР №713561 "Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур"

При создании сложных наноструктурированных материалов в качестве структурных единиц могут выступать наночастицы (НЧ) различной природы, такие как коллоидные полупроводниковые квантовые точки (КТ) и металлические НЧ. Сочетание различных НЧ в 2D и 3D ансамблях дает возможность получения уникальных материалов, обладающих свойствами составляющих их «строительных блоков» и вызванными взаимодействием НЧ в структуре. Метод самоорганизации НЧ, в частности дестабилизация их коллоидного раствора, один из наиболее универсальных и простых для создания наноструктурированных ансамблей. Для создания суперструктур с желаемыми морфологическими и оптическими параметрами, необходимо учитывать факторы, влияющие на самоорганизацию [1].

Суперструктуры из КТ, металлических НЧ и их смесей находят применение в сенсорике. Для таких материалов важно высокое отношение площади поверхности к объему образца, достигаемое в пористых структурах. Например, пористые «цветоподобные» микроструктуры показывают лучшие сенсорные свойства [2]. Однако существующие датчики с такой морфологией на основе НЧ имеют ряд недостатков, одним из которых является высокая рабочая температура. Альтернативой могут служить простые в получении и в использовании материалы на основе КТ с оптическим откликом на анализируемые вещества.

Данная работа посвящена изучению процесса самоорганизации КТ и смеси КТ и золотых (Au) НЧ при дестабилизации их коллоидного раствора, исследованию оптических свойств сформированных наноструктурированных ансамблей на кремниевой (Si) подложке, а также созданию пористого наноструктурированного сенсорного материала на основе КТ. Для получения суперструктур в работе использовались коллоидные растворы КТ в хлороформе, синтезированные методом горячей инжекции [3] (табл. 1), водные растворы Au НЧ среднего размера 7,0 ± 1,4 нм с полосой поверхностного плазмонного резонанса на длине волны ~ 520 нм. В таблице 1 FWHM – ширина пика фотолюминесценции (ФЛ) на полувысоте, $\langle\tau\rangle$ – среднее время затухания ФЛ.

Таблица 1

Типы исходных КТ, их оптические параметры и размеры.

Тип КТ		Полоса поглощения, нм	Пик ФЛ, нм	FWHM, нм	⟨τ⟩, нс	Средний размер, нм
1	аллоидные CdZnSeS/ZnS	515	535	30	30,9	7,0±1,0
2		500	519	38	29,0	7,0±1,0
3	CdSe КТ типа «ядро»	509	589	46	26,5	3,5±0,5

Из аллоидных КТ 1 типа были получены пять образцов суперструктур QD1-QD5 на Si подложках. Образцы С1 и С2 на были сформированы из КТ 3 типа. В образце QD1 КТ осаждались на подложку при медленном испарении их коллоидного раствора. Методом дестабилизации коллоидного раствора парами этанола [4] были сформированы образцы QD2 и С1. Образцы QD3 и С2 были получены методом дестабилизации раствора этанолом через буферный слой изопропанола [5]. Этим же методом были получены образцы на Si подложках из смеси аллоидных КТ 2 типа и Au НЧ: слой раствора с Au НЧ помещался между слоем раствора КТ и буферным слоем изопропанола (QD-Au1) или между буферным слоем и слоем дестабилизатора (QD-Au2). Образец QD4 получен методом самоорганизации в избытке молекул лиганда. Образец сравнения QD5 был сформирован в результате осаждения КТ из раствора на подложку. Все виалы хранились в темном сухом месте при температуре ниже 20 °С. Формирование суперструктур на подложках заняло 3 недели для образцов QD1, QD2, С1 и С2, 2 недели для образца QD3, месяц для QD4 и QD5, 3 дня для образцов QD-Au. Для контроля процесса дестабилизации Si подложка была размещена под наклоном.

С помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на подложках в образцах QD1-QD3 были найдены суперструктуры разной морфологии, образующие пористую структуру: «игольчатые» и «сферические цветы», гладкие сферы. В случае QD4 и образца сравнения QD5 КТ на положках формировали пористые аморфные не структурированные ансамбли. В табл. 2 представлены типичные морфологии образцов и размеры структурных элементов, а также их оптические параметры. Для QD2 и QD5 наблюдалось увеличение среднего времени затухания ФЛ, из-за взаимодействия между КТ в образованной структуре.

Таблица 2

Морфологические и оптические параметры образцов QD1-QD5

Образец	Морфология суперструктур	Размер, мкм	Пик ФЛ, нм FWHM, нм	⟨τ⟩, нс
QD1	«Плоские игольчатые цветы» Иглы	40 – 100 20 – 40	529; 37	21,7
QD2	«Игольчатые цветы» Иглы	150 – 550 25 – 140	534; 49	35,7
QD3	«Игольчатые цветы» «Сферические цветы» Гладкие сферы	6,7 – 20,8 2,7 – 11,7 0,5 – 2,8	534; 30	17,8
QD4	Пористая аморфная структура	>100	531; 33	29,6
QD5			532; 32	55,7

Благодаря использованию буферного слоя изопропанола при формировании образца QD3 процесс дестабилизации проходил в несколько этапов. На примере этого образца была предложена модель роста суперструктур на основе КТ в ходе дестабилизации их коллоидного раствора.

Согласно механизму ориентированного прикрепления при высоком отношении ориентационной скорости диффузии КТ в коллоидном растворе к трансляционной (V_{orient}/V_{trans}) формируются упорядоченные структуры. Однако на отношение также влияет скорость дестабилизации раствора (V_{dest}). На примере образца QD3 мы выделяем 3 этапа дестабилизаци: 1) малая V_{dest} – рост «игольчатых» структур при высоком отношении V_{orient}/V_{trans}; 2) увеличение V_{dest} и уменьшение V_{orient}/V_{trans} – формирование «сферических цветов»; 3) быстрая дестабилизация этанолом, $V_{orient} \approx V_{trans}$ – рост гладких микросфер. В ряду QD1–QD2–QD3 V_{dest} растет. Согласно модели, при высоком V_{orient}/V_{trans} в QD1 и QD2 формируются «игольчатые цветы». Наличие в коллоидном растворе молекул дестабилизатора влияет на химическое взаимодействие КТ в растворе, что, в свою очередь, ведет к образованию объемных структур в растворе и их последующему осаждению в случаях QD2 и QD3. В отсутствие дестабилизирующего вещества в QD1 КТ начали собираться на подложке, образовывая плоские колючие цветы. В образцах QD4 и QD5 отсутствовала химическая дестабилизация раствора КТ и их осаждение на подложку происходило под действием гравитационных сил. Схема роста суперструктур и СЭМ-изображения образца QD3 представлены на рис. 1.

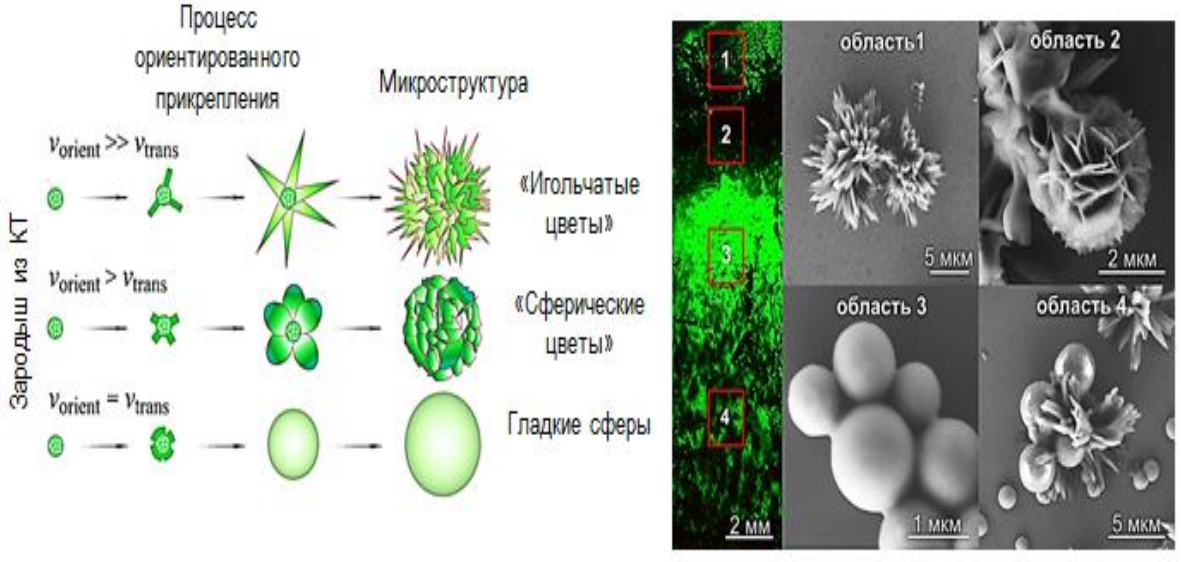


Рис. 1. Схема формирования суперструктур при дестабилизации коллоидного раствора КТ и СЭМ-изображения образца QD3

Предложенная модель описывает также рост суперструктур из смеси НЧ. Как показал СЭМ-анализ, КТ и Au НЧ собирались в большие пористые структуры на подложке, состоящие из «игольчатых» и/или «сферических микроцветов», сфер. Элементный анализ образцов QD-Au показал, что концентрация Au НЧ в суперструктурах зависит от метода приготовления, так в QD-Au1 содержится 2% Au НЧ, а в QD-Au2 – 10%. Исследования показали, что в образце QD-Au1 происходит усиление квантового выхода (КВ) ФЛ в 2,5 раза при незначительном уменьшении времен затухания ФЛ по сравнению с образцом QD3 (КВ ФЛ для образца из КТ составил 9,5%), а при увеличении концентрации Au НЧ в QD-Au2 КВ ФЛ уменьшался (табл. 3).

Таблица 3

Характеристики суперструктур QD-Au

Образец	Морфология суперструктур	Размер, мкм	Пик ФЛ, нм FWHM, нм	⟨τ⟩, нс	Содержание Au, %	КВ ФЛ, %
QD-Au1	«Игольчатые цветы» «Сросшиеся цветы»	15 – 50 ~30	522; 38	16,5	2	9,5
QD-Au2	«Сферические цветы»	1 – 2	528; 41	17,5	10	23,5

Формирование суперструктур из CdSe КТ типа «ядро» в случае образцов С1 и С2 также описывается предложенным механизмом роста. Образец С1 представляет собой пористую структуру, покрывающую всю подложку и состоящую из упорядоченных игл и микропор, с размерами микропор 2 – 11 мкм. В образце С2 были сформированы «игольчатые» и «сферические микроцветы», с размеры порядка 1 мкм и 0,7–1,4 мкм, соответственно.

В образцах С1 и С2 наблюдаются небольшое уширение полосы ФЛ по сравнению с КТ в растворе (3 нм для С1 и 9 нм для С2), а также изменения положения пика ФЛ: красный сдвиг в случае С1 (27 нм), обусловленный переносом энергии между КТ в пористой структуре, и синий сдвиг в образце С2 (25 нм), связанный с уменьшением размера КТ под влиянием молекул дестабилизатора. Было обнаружено, что в присутствии паров аммиака (NH_3) сигнал ФЛ уменьшился в 4 раза для образца С1 и в 2 раза – для С2 (рис.2) вместе с уменьшением времен затухания ФЛ на ~25%. После воздействия NH_3 оптические параметры быстро восстановились до начальных значений без дополнительных процедур очистки, таких как вакуумирование, что облегчает повторное использование этого материала для быстрого обнаружения аналитов.

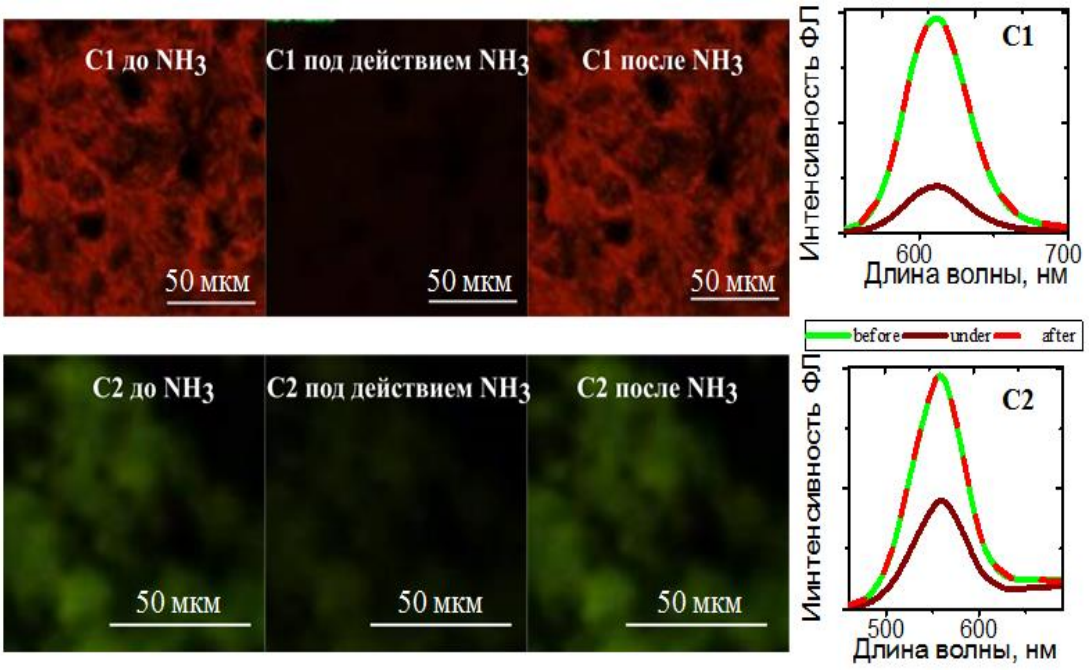


Рис. 2. Люминесцентные изображения образцов С1 и С2 в зависимости от присутствия паров аммиака и соответствующие им спектры ФЛ

В результате исследования были разработаны универсальные протоколы формирования пористых материалов из наночастиц разного состава и их смесей методами дестабилизации их коллоидного раствора. Эти методы позволили получить гибридные пористые структуры из смеси аллоидных КТ и Au НЧ с усилением сигнала ФЛ в 2,5 раза. Также предложенными методами самоорганизации были сформированы пористые структуры из CdSe КТ типа «ядро», обладающие высокой чувствительностью к парам аммиака с быстрым оптическим откликом и дальнейшим восстановлением начальных оптических параметров без применения дополнительных процедур очистки. Кроме того, была предложена модель, описывающая рост суперструктур из наночастиц различной природы в процессе дестабилизации, согласно которой результирующая морфология зависит от скорости дестабилизации. Полученные пористые материалы на основе КТ и смеси НЧ обладают уникальными оптическими свойствами, благодаря которым они потенциально могут быть применены в сенсорике, фотовольтаике и др.

Литература

1. Boles M. A., Engel M., Talapin D. V. Self-assembly of colloidal nanocrystals: From intricate structures to functional materials //Chemical reviews. – 2016. – Т. 116. – №. 18. – С. 11220-11289.
2. Zhu L., Li Y., Zeng W. Hydrothermal synthesis of hierarchical flower-like ZnO nanostructure and its enhanced ethanol gas-sensing properties //Applied Surface Science. – 2018. – Т. 427. – С. 281-287.
3. Bae W. K. et al. Multicolored light-emitting diodes based on all-quantum-dot multilayer films using layer-by-layer assembly method //Nano letters. – 2010. – Т. 10. – №. 7. – С. 2368-2373.
4. Haubold D. et al. The Formation and Morphology of Nanoparticle Supracrystals //Advanced Functional Materials. – 2016. – Т. 26. – №. 27. – С. 4890-4895.
5. Talapin D. V. et al. A new approach to crystallization of CdSe nanoparticles into ordered three-dimensional superlattices //Advanced Materials. – 2001. – Т. 13. – №. 24. – С. 1868.



Сытюк Ирина Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет програмной инженерии и компьютерной техники,
кафедра компьютерных образовательных технологий,
группа № Р4220
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: IrenSytyuk@mail.ru

УДК 004.93'14

МЕТОД МОНИТОРИНГА ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

И.В. Сытюк
Научный руководитель – к.пед.н., доцент Ю.А. Жук

Сегодня существует множество методов идентификации и распознавания образов, которые активно применяются в разных областях человеческой деятельности. Данная работа направлена на автоматизацию контроля над учащимися, которые проходят тестирование, путем распознавания аномального поведения студентов с помощью сверточных нейронных сетей. В работе рассмотрены особенности формирования обучающей и тестовой выборок, описаны основные этапы, необходимые для распознавания образов по изображению, рассмотрены типовые архитектуры сверточных нейронных сетей и реализована собственная. При этом основной задачей данной работы является получение наилучших результатов верификации собственной сверточной нейронной сети относительно типовых, которые предназначены для универсального распознавания образов.

Для распознавания аномального поведения с помощью нейронных сетей необходимо сформировать достаточно большую базу знаний, которая впоследствии участвовала в обучении и тестировании нейронных сетей. При этом на каждом изображении должно быть видно лицо человека, проходящего тестирование, плечи, а так же частично руки и стол, за которым работает испытуемый. База данных должна быть создана на основе изображений, сделанных в ходе проведения тестирования. Для получения хороших результатов обучения важно количество изображений, а не количество людей, проходящих тестирование, это связано со спецификой работы нейронных сетей, изображения одного и того же человека с разным наклоном тела нейронная сеть будет воспринимать совершенно по-разному [1 – 5].

При формировании базы данных следует учитывать то, что студент может не только смотреть на экран компьютера, но и делать пометки, необходимые для решения поставленной задачи. Так же при тестировании может быть разрешено использование лекционного материала.

Эти описания поведения студента накладывают дополнительные условия для проведения экспериментов. В первом случае, человек смотрит на экран и вспоминает правильный ответ. Во втором случае, человеку нужно будет написать что-либо на листе бумаги, прежде чем внести ответ в систему тестирования. И в третьем случае, студент будет листать тетрадь, чтобы найти какую-либо информацию.

Кроме разных моделей поведения при тестировании, в зависимости от тестового задания и наложенных ограничениях на студента, так же может возникнуть ошибочное распознавание аномального поведения, если человек положит телефон на тетрадь или на стол перед собой при тестировании. Стоит учесть этот вариант событий и направить веб-

камеру таким образом, чтобы виден был не только человек, но и непосредственно рабочее место.

Проанализировав возможные модели поведения студента и ограничения, наложенные на него, при составлении базы знаний были соблюдены следующие правила:

– тестирование должно проходить в обучающих классах;
– каждое персональное место должно иметь веб-камеру, которая будет включаться при прохождении тестирования;
– в кабинете должна быть установлена веб-камера, с помощью которой можно проследить за действиями пользователя. Она должна охватывать всех участников тестирования. Таким образом, с помощью данного материала можно будет подробнее сказать, списывал человек или нет;
– само тестирование должно включать в себя тестовые задания, открытого и закрытого типа, чтобы при решении которых, студенту потребовалось внести записи в тетрадь или на листок бумаги;
– часть студентов должна проходить тестирование с использованием дополнительных материалов.

После прохождения тестирования был просмотрен каждый снимок, сделанный с помощью камеры, расположенной на рабочем месте студента, так же просматривался видео материал с общей камеры, которая расположена непосредственно над участниками тестирования. Изображения должны быть распределены по следующим категориям категорий:

- испытуемый смотрел на монитор;
- испытуемый делал заметки в тетрадь;
- испытуемый просматривал конспект;
- испытуемый искал информацию в телефоне, положив его на стол;
- испытуемый искал информацию в телефоне, пытаясь его спрятать.

В результате экспериментов создано более 30000 изображений. Из них 24000 изображений студентов было использовано для обучения нейронной сети и 7500 изображений для тестовой выборки.

Рассмотрим основные этапы, необходимые для распознавания поведения студента при прохождении тестирования с помощью сверточных нейронных сетей (СНС).

На вход подается сформированная база данных изображений студентов, достаточная для обучения и тестирования нейронной сети. На следующем шаге изображения нормируются, путем выравнивания гистограммы трех цветных каналов, изменяются размер каждого изображения, в данном случае 224×224 пикселей, и все данные сохраняются в формат HDF5. HDF5 – формат данных, предназначенный для хранения большого количества цифровой информации. Файл с обработанными изображениями помещается на вход сверточной нейронной сети, после чего происходит классификация поведения у студента, проходящего тестирование. В результате выполнения этих шагов будет получена обученная нейронная сеть, способная производить классификацию поведения у студентов, проходящих тестирование.

Сама сверточная нейронная сеть представляет собой черный ящик. Связано это в первую очередь с тем, что, даже получив требуемый результат, невозможно узнать критерии, по которым происходит классификация. Регулировать нейронную сеть данного типа возможно изменением количества и вида слоев, количества исторических эпох, в сверточном слое для каждого слоя можно изменять параметры фильтра и повышать качество базы данных, подаваемой на вход нейронной сети.

В работе были рассмотрены три типовые архитектуры сверточных нейронных сетей: AlexNet, ResNet-50, GoogleNet. В результате их анализа были выявлены наиболее

оптимальные решения в расках поставленной задачи и учтены при реализации собственной сверточной нейронной сети. Структура данной сети представлена на (рис. 1).

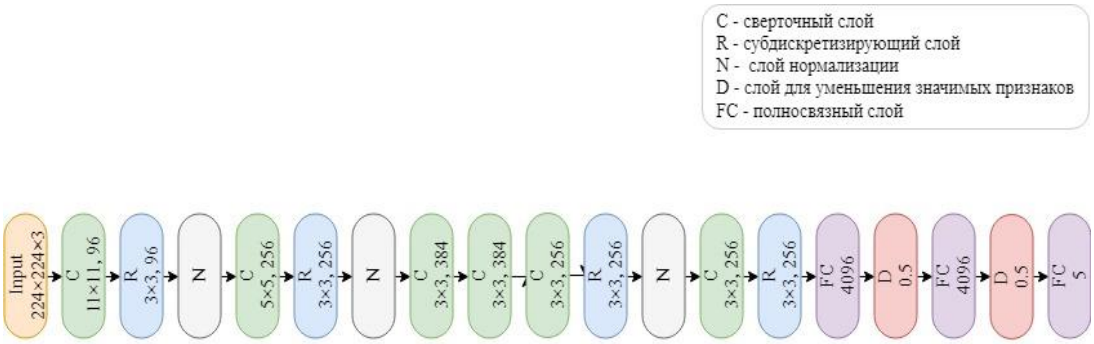


Рис. 1. Структура реализованной сверточной нейронной сети

В рамках исследовательской работы были реализованы четыре сверточные нейронные сети. Каждая из них прошла верификацию на 7500 изображений. Данная выборка изображений содержала в себе все пять состояний в равных долях, при этом выборка содержала более 70% изображений студентов, которые не использовались при обучении сверточной нейронной сети, и более 20% изображений студентов, которые проходили тестировании в третьем помещении, изображения которого также не были представлены в обучающей выборке.

Наилучшие результаты верификации, как показано в таблице, были показаны спроектированной сверточной нейронной сетью. Эти результаты были достигнуты путем комбинации значимых для обучения факторов. Стоит отметить, что после каждой итерации обучения спроектированной сверточной нейронной сети проводился анализ результатов, после которого структура видоизменялась. Такая последовательность действий происходила до тех пор, пока спроектированная структура не получила наилучшие результаты относительно типовых архитектур.

Таблица

Результаты верификации

Архитектура	Правильно распознала, %	Неправильно распознала, %
AlexNet	86,0	14,0
ResNet-50	85,9	14,1
GoogLeNet	92,6	7,4
Собственная СНС	93,6	6,4

В ходе магистерской диссертации рассмотрено использование сверточных нейронных сетей для анализа поведения учащегося при прохождении тестирования. Проанализированы одни из самых распространенных методов анализа и распознавания образов, определены достоинства и недостатки каждого из них. В результате работы реализована сверточная нейронная сеть, результаты верификации которой превосходят результаты верификации типовых архитектуры, котрые предназначены для универсального распознавания.

Литература

1. Forrest N., Song Han, Matthew W. Moskewicz, Khalid Ashraf, William J. Dally, Kurt Keutzer. Squeezenet: alexnet-level accuracy with 50x fewer parameters and < 0.5mb model size [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1602.07360.pdf, свободный.
2. Хайкин С. Нейронные сети полный курс. [Текст] / С. Хайкин. Москва: Вильямс, 2008. С. 1103.
3. WenYi Zhao. Imagebased Face Recognition: Issues and Methods [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. Режим доступа: http://www.face-rec.org/interesting-papers/General/Chapter_figure.pdf, свободный.
4. Victor-Emil Neagoe, Andrei-Petru Bărar, Nicu Sebe, Paul Robitu. A Deep Learning Approach for Subject Independent Emotion Recognition from Facial Expressions [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. Режим доступа: http://www.wseas.us/e-library/conferences/2013/Budapest/IPASRE/
5. M. Mudrova, A. Prochazka. Principal component analysis in image processing [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. Режим доступа:https://www.researchgate.net/publication/268291025_PRINCIPAL_COMPONENT_ANALYSIS_IN_IMAGE_PROCESSING, свободный.



Тестов Максим Васильевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № Р4230
Направление подготовки: 24.04.02 – Системы управления движением и навигация
e-mail: testovmv@bk.ru

УДК 004.932

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ПАНОРАМНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

М.В. Тестов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.П. Золотаревич

Введение**.** В настоящее время системы автоматического формирования панорамных изображений нашли свое применение в широком круге задач: совмещение изображений, полученных в результате аэрофотосъемки для получения карт, сшивка цифровых микроскопических изображений, получение панорам в системах помощи водителю и в различных системах панорамного наблюдения [1 – 3].

К системам панорамного обзора (наблюдения) можно отнести перископное вооружение подводных лодок, предназначенное для оценки надводной обстановки. Угол обзора камер в перископных системах ограничен и составляет не более 40°. Для получения полного обзора используется вращение перископа на 360° с целью формирования панорамного снимка, что требует времени, за которое обстановка может измениться. В связи с этим все чаще возникают упоминания о разработках панорамных перископов (панорамных модулей перископов) не вращающегося типа [2]. Новый тип перископов обладает следующими преимуществами: уменьшенные массогабаритные характеристики в связи с отсутствием необходимости вращения, повышенная ремонтопригодность, моментальный обзор надводной обстановки, возможность уменьшения стоимости серийного изготовления.

Целью работы является решение задачи формирования панорамных изображений из серии снимков от камер с частично перекрывающимися полями зрения, размещенных по кругу. Положение камер относительно друг друга предполагается известным, наблюдение ведется за удаленными объектами.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

- рассмотрены базовые этапы формирования панорамного изображения;
- разработана схема формирования панорамных изображений, обеспечивающую сшивку панорамы с углом обзора 360° из серии снимков;
- разработан макет панорамного модуля;
- разработано программно-алгоритмическое обеспечение;
- проведена апробация алгоритмов на реальных данных.

Этапы формирования панорамного изображения. В ходе обзора алгоритмов [5] были выделены следующие этапы формирования панорамных изображений: калибровка камеры, получение серии изображений, проецирование и совмещение изображений, постобработка.

Калибровка камеры. Изображение на матрице камеры представляет собой проекцию трехмерной сцены на плоскость. На этапе калибровки камеры оцениваются оптические характеристики используемого оборудования, определяющие параметры этого преобразования. Как правило в них выделяют линейную часть – матрицу

внутренних параметров камеры и нелинейную – коэффициенты дисторсии объектива. Калибровка, обычно, производится при помощи шаблона с известной геометрией, например, в виде шахматной доски. После калибровки изображение наиболее близко к представлению, получаемому при использовании камеры-обскуры (простейшая модель камеры). Оно представлено гномонической (прямолинейной) проекцией окружающего пространства на плоскость.

Получение серии изображений. Очевидный этап при построении панорамы. Здесь стоит отметить, что изображения могут быть получены как последовательно, с одной камеры, так и одновременно от нескольких камер, установленных по кругу.

Проекция и совмещение изображений. Для формирования панорамы необходимо спроецировать все полученные изображения на одну поверхность, и совместить их в соответствии с перекрывающимися областями. В простейшем случае такой поверхностью является плоскость одного из изображений, взятого за опорное. При этом для каждого изображения необходимо рассчитать матрицу гомографии, определяющую его проекцию на опорную плоскость. Если ориентация и позиция камер, с которых осуществлялась съемка изображений, неизвестны, для расчета матриц гомографии необходимо использовать алгоритмы поиска особых точек изображений с последующим их сопоставлением и отсеиванием ложных соответствий. Однако в случае известных относительных координат камер, матрицу гомографии для пары изображений также можно получить используя соотношение (1):

$$H = K^T(R - t \cdot n/d)K, \tag{1}$$

где K – матрица внутренних параметров камер, R и t – матрица поворота и вектор переноса системы координат камеры, d – длина перпендикуляра до плоскости съемки с нормалью n относительно системы координат опорной камеры. Если расстояние до наблюдаемых объектов сравнительно велико, выражение (1) можно упростить, ограничившись учетом только вращения камеры (2):

$$H \approx K^T R K \tag{2}$$

Отметим, что при использовании прямолинейной проекции принципиально невозможно получить панораму с углом обзора более 180° в горизонтальной плоскости. Помимо этого, по мере приближения к краям панорамы, изображения объектов начинают сильно искажаться, в связи с этим угол обзора панорам, полученных с использованием таких проекций, обычно ограничивают 120°.

Для отображения окружающего пространства с углом обзора более 180° по горизонтали можно воспользоваться вспомогательной поверхностью в виде цилиндра. В этом случае, при условии вращения камеры строго вокруг вертикальной оси, алгоритм формирования панорамы сводится к перепроецированию изображения на вспомогательную поверхность и последующему сдвигу по горизонтали на величину пропорциональную углу поворота камеры между кадрами (3):

$$dx = s \cdot d\theta \tag{3}$$

где $d\theta$ – угол поворота вокруг вертикальной оси, s – масштабный коэффициент. Для представления полученной панорамы на плоскости можно развернуть цилиндр на плоскость.

Постобработка. В результате наложения изображений на одну поверхность возникают области совмещения с различными уровнями яркости. Для ее выравнивания существуют различные алгоритмы постобработки [4]: сглаживание областей

совмещения, поиск границы сшивки, комплексные методы.

Одним из самых простых методов является альфа сглаживание, при котором «вес» пикселей изображения при формировании панорамы пропорционален расстоянию до границы изображения.

Реализация алгоритма формирования панорамы. При реализации алгоритма, в связи с необходимостью получения полной круговой панорамы, и тем, что поворот камеры при съемке осуществлялся строго вокруг вертикальной оси, была выбрана проекция на цилиндрическую поверхность. Одно из изображений выбиралось базовым, а для остальных осуществлялся перенос, соответствующий известному углу поворота камеры. После этого производилось альфа сглаживание областей совмещения. Для представления панорамы на плоскости использовалась развертка цилиндра.

Проверки алгоритма осуществлялась по серии изображений, полученных при помощи камеры с углом обзора 133º, установленной на штатив с панорамной головкой. Поворот камеры между кадрами составлял 60º.

Полученная в результате панорама подтверждает корректность реализации алгоритмов для решения задачи формирования панорамных изображений.

Также был организована разработка и изготовление макета панорамного модуля с шестью камерами, расположенными по кругу в одном цилиндрическом корпусе. Для получения изображения были выбраны IP камеры.

Далее приведены результаты формирования панорамы с использованием панорамного модуля (рис. 1), (рис. 2), в котором 6 камер расположены по кругу в цилиндрическом корпусе. Реализация проводилась на языке Python с использованием библиотеки OpenCV. Выполнено формирование панорамы из Full HD снимков (фотопанорама), а также панорамного видео в реальном времени из потоков, разрешением 640 x 480 пикселей, частота кадров 25 Гц. Время создания одного кадра, разрешением 3255 x 480 пикселей, составило менее 200 мс.



Рис. 1. Панорама, сформированная при помощи
панорамного модуля на открытом пространстве



Рис. 2. Панорама, сформированная при помощи панорамного модуля в помещении

Отметим, что при использовании 6 камер появляются нестыковки изображений при формировании панорамы в помещении, что в этом случае обусловлено присутствием объектов на близком расстоянии. При съемке удаленных объектов визуальная оценка панорамных изображений показала хорошие результаты, что подтверждает корректность реализации алгоритмов для решения задачи формирования панорамных изображений.

Заключение**.** В ходе исследования проведен анализ алгоритмов обработки изображения, необходимых для построения панорамы, разработана блок-схема с учетом особенностей наблюдения за удаленными объектами. Обоснованно выбрана поверхность проецирования панорамы с учетом особенностей отображения и алгоритм сглаживания переходов между изображениями при сшивке, выполнена программная

реализация. Организованы разработка и изготовление макета панорамного модуля перископа. Испытания макета произведены как в помещении (наблюдение за близкими объектами), так и на открытом пространстве (наблюдение за удаленными объектами). Визуальная оценка результатов работы панорамного модуля доказала его работоспособность и корректность разработанных алгоритмов и программно-алгоритмического обеспечения в рамках поставленной задачи.

Литература

1. Кудинов И.А. [и др.]. Алгоритм формирования видеопанорамы и его программная реализация с применением технологии CUDA 2017. 1580–1586 с.
2. Makinen A. Affordable Modular Panoramic Photonics Mast // 2012.
3. Malis E., Vargas M. Deeper understanding of the homography decomposition for vision-based control 2007.
4. Prados R., Garcia R., Neumann L. Image blending techniques and their application in underwater mosaicing / R. Prados, R. Garcia, L. Neumann, Springer, 2014.
5. Szeliski R. Computer vision: algorithms and applications / R. Szeliski, Springer Science & Business Media, 2010.



Титов Александр Борисович
Год рождения: 1985
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № В4210
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: Alejanro@yandex.ru

УДК 550.8.054

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕДИНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРУППЫ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

А.Б. Титов
Научный руководитель – д.т.н., доцент В.М. Денисов

На современном этапе развития России приоритетным направлением государственной экономической политики является создание условий для развития инновационной активности. Очевидно, что научно-технический прогресс должен быть направлен на получение экономии различных видов ресурсов (материальных, человеческих, финансовых). Необходимым условием извлечения этой экономии является неуменьшающееся качество продукции, работ или услуг.

В практике современного отечественного и зарубежного машиностроения есть примеры получения такой комплексной экономии в результате использования так называемых единых платформ. В частности, в российском оборонном машиностроении на базе тяжелой платформы «Армата» производится около 30-и видов бронетехники (танк, БТР, САУ, БРЭМ, машина огнеметчиков, огнеметная система и т.д.). На аналогичных принципах построен процесс производства и эксплуатирования ракеты-носителя «Ангара».

В начале XXI века концерн General Motors в лице группы инженеров Adam Opel AG представил проект создания концептуального автомобиля AUTOnomy, источником энергии для передвижения которого служат топливные элементы (fuel cell). Энергетическая установка, трансмиссия, подвеска и прочие основные узлы и агрегаты такого автомобиля в соответствии с проектом должны быть укомплектованы в единый блок, на основе которого можно реализовать практически любые опции.

Эти и другие примеры говорят о том, что унификация единой платформы как базы для создания различных агрегатов, машин, приборов и т.д., создает условия для уменьшения стоимости разработки, производства, эксплуатации и ремонта, а совместимость компонент позволяет заказчику более гибко подходить к вопросу выбора изделия. Наличие уже существующего, стихийно сформировавшегося, но не формализованного принципа единой платформы, фактически реализованного в различных областях техники, создает условия для систематизации знаний о нем и экономического обоснования его целевого использования для решения конкретных задач.

Выбор в качестве объекта исследования группы приборов для полевых геофизических измерений обусловлен прежде всего тем, что базисом отечественной экономики являются природные ресурсы – в современных условиях к обеспечению геологоразведочных работ предъявляются новые требования. Это обусловлено рядом факторов:

- исчерпание фонда приповерхностных, сравнительно легко открываемых месторождений;
- необходимость проведения поисковых работ в тяжелых геоморфологических обстановках (большой интервал глубин, арктические широты и горные районы с отсутствующей инфраструктурой, шельф северных морей и т.п.).

Для работы на сложных, глубокозалегающих месторождениях необходимы новые высокоэффективные методики комплексной геофизической разведки, проводимой методом геофизического комплексирования, основанного на синхронном измерении различных физических полей и комбинировании методов обработки результатов измерений. На мировом рынке отсутствуют полевые приборы геофизической разведки, соединяющие в себе возможности измерения сразу нескольких физических параметров. Необходимо сформулировать основные технико-экономические требования и организационные условия для создания группы приборов для полевых геофизических измерений на базе единой платформы.

В отечественной научной и профессиональной литературе подробно рассмотрены вопросы унификации, взаимозаменяемости, стандартизации **(**А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов, 1986 г.). Отдельные труды посвящены методологии учета требований унификации при стандартизации изделий машиностроения и приборостроения (Крейтер С.В., 1983 г.), выбору объектов для унификации (Алтаев А.В., 1981 г.), тенденциям развития унификации в СССР (Архангельский И.А., Бучинский В.Н., Минаев В.П., 1976 г., Холодов В.В., Бандуркин К.П. 1975 г.). Преимущественно все работы рассматривают унификацию модулей в рамках множества исполнений какого-либо агрегата в пределах одного типа устройства. Почти все работы, посвященные вопросам унификации, изданы в СССР и датируются кон. 70-х гг – нач. 90-х гг. XX века. С развитием информационных технологий, и переходом к рыночной экономике появились новые вызовы, которые определяют необходимость комбинирования самых различных средств производства для решения конкретных задач в прикладных областях. Одним из важных условий создания подобных средств производства является обоснование принципа единой платформы – основы для проектирования разнородных компонентов, преследующих достижение единой цели в пределах одной отрасли.

Вопросам комплексирования методов разведочной геофизики посвящен ряд трудов советских исследователей 70-80-х гг. XX в (Тархов А. Г., Бондаренко В. М., Никитина А. А. – 1977; Вахромеев Г. С., – 1978; В. В. Бродовой, А. А. Никитина, - 1984 и др.). Преимущественно они посвящены вопросам повышения эффективности каротажных работ.

В современной литературе отсутствуют упоминания о комплексном подходе к производству группы приборов для полевых геофизических измерений. Тем не менее, периодически в СМИ упоминается о необходимости внедрения информационных технологий в сферу геологоразведки главным образом за счет программных решений [1 – 3]. Однако качественный рост производительности труда в отрасли, очевидно, не может быть получен без кардинальной смены устаревшего оборудования, предназначенного для сбора первичных данных.

В результате исследования достигнута цель, заключающаяся в экономическом обосновании использования принципов единой платформы для создания группы полевых измерительных оптико-электронных приборов.

Для достижения данной цели решен ряд задач:

- разработана универсальная архитектура для группы приборов, обеспечивающая возможность создания на ее базе оптико-электронных приборов для полевых геофизических измерений;

- дано предложение по перечню приборов, которые планируется разрабатывать на базе единой платформы;
- спроектирован прототип полевого гамма-спектрометра на базе кремниевого ФЭУ с учетом принципов единой приборной платформы и подтверждены на его примере общие принципы для всех приборов группы.
- сформулирован перечень универсальных технических требований к приборам, входящим в группу полевых измерительных приборов.
- разработана программа коммерциализации;
- проведен инвестиционный анализ инновационного проекта по созданию группы приборов и их коммерциализации.

Объектом исследования является группа приборов для полевых геофизических измерений, использующих оптико-электронные принципы измерений физических величин (ионизирующее излучение, оптическое излучение, интенсивность магнитного поля и пр.)

Предметом исследования является принцип единой приборной платформы, основанный на универсальной архитектуре систем, лежащий в основе группы приборов для полевых геофизических измерений, позволяющий получить комплексный экономический эффект от его использования.

Научная новизна исследования заключается в предложении использования в качестве инструмента создания семейства приборов универсальной приборной платформы. В результате проведенного исследования:
- сформулирован принцип единой архитектуры построения приборов одного и того же семейства (например, семейство приборов для полевых геофизических измерений, семейство приборов для лабораторных измерений и т.д.);
- спроектированы элементы опытного образца полевого гамма спектрометра, в основе которого использован принцип единой приборной платформы, отображающей универсальную архитектуру приборов для полевых геофизических измерений.

С прикладной точки зрения, платформа создана для разработки на ее основе приборов разного назначения, но предназначенных для работы в рамках одной отрасли. Данный инновационный принцип обеспечивает существенную экономию привлекаемых ресурсов (с точки зрения, как производителя, так и потребителя изделий приборостроения).

Наиболее очевидными потребителями рассматриваемой технологии являются коммерческие и бюджетные организации следующих отраслей промышленности (сегментов рынка): полевые геофизические измерения, экологический мониторинг, мониторинг геотехнических систем.

В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Сформулирован основной инновационный технико-экономический принцип, выраженный:
   - использованием универсальной архитектуры приборов одного и того же семейства с приложением в различных отраслях промышленности (подробно рассмотрен пример его реализации в области приборов для полевых геофизических измерений);
   - отображением единой архитектуры в универсальную платформу, включающую в себя наборы типовых и специфических компонент приборов (представлены универсальные архитектуры подсистем приборов, выполняющих сходные функции);
   - созданием на базе универсальной платформы конкретных приборов с последующим выпуском опытных и серийных образцов (представлены структурные схемы приборов, каждый из которых включае в себя универсальную подсистему обработки и управления).
2. Установлено, что единая приборная платформа представляет собой инструмент,

использование которого позволяет предоставить ряд преимуществ как потребителю приборов и их систем, так и их разработчикам:

- потребитель получает группу полевых приборов, решающих разные задачи, но объединенных рядом общих признаков: единые функциональные и эргономические принципы, единый полевой вычислитель, единая система команд и пр.;
- разработчик получает возможность использовать одни и те же тщательно выверенные технические решения во всех приборах группы, что существенно сокращает текущие и инвестиционные затраты на проектирование и производство.

3. Сформулированный принцип подтвержден на базе одного из важнейших приборов группы – полевого гамма-спектрометра на базе кремниевого ФЭУ. Спроектированы конструкционные элементы высокоэффективного экономичного прибора, использующего в своем составе кремниевый ФЭУ. Представлены сборочные чертежи блока датчика прибора и блока обработки и управления, а также структурная схема прибора. В зависимости от задач гамма-спектрометрического анализа, целевая классификация возможных сфер его реализации не ограничивается только полевой геофизикой и может быть расширена на многие другие прикладные области.
4. Проведено первичное экономическое обоснование использования принципов единой платформы для создания группы полевых измерительных оптико-электронных приборов, а также других измерительных приборов (полевой гамма-спектрометр, полевой гамма-радиометр, полевой спектрометр для анализа минерального сырья, полевой магнитометр, полевой совмещенный магнитометр-радиометр), включающее в себя программу коммерциализации, обоснование рыночной цены, емкости рынка, инвестиционных расчетов и анализа рисков инвестиционного проекта. В рамках проведенного анализа были получены положительные значения критериев эффективности инвестиционного проекта (NPV=26,16 млн. руб. на интервале 8 лет). На основе проведенного анализа сценариев проекта и чувствительности установлено, что наиболее существенным риском является риск снижения фактических цен на готовую продукцию; риск фактического роста первоначальных вложений по сравнению с планом – относительно невысоким. Соответственно менеджменту необходимо акцентировать внимание на первоочередных рисках проекта.

Разработанная в рамках проекта универсальная приборная платформа обеспечивает улучшенные технические характеристики при сохранении традиционных метрологических схем и позволяет увеличить производительность полевых измерений в 1,5 – 2 раза при цене на функциональные аналоги меньшей более чем на 20%. Полученные в рамках исследования результаты носят универсальный характер и могут быть использованы в различных отраслях экономики для целей снижения потребления ресурсов.

Литература

1. ANSI/IEEE Std 1471-2000, Recommended Practice for Architectural Description of Software Intensive Systems, 2000
2. Денисов В.М., Радилов А.В. Флагман Гамма – новый пешеходный радиометр для измерения уровня и спектрального состава гамма-излучения // Геофизический вестник. 2012. № 11-12. С. 9
3. Титова М.Н. Экономическая целесообразность создания и использования многофункциональных датчиков в системах мониторинга / Международный технико-экономический журнал. 2017. № 2. С. 67-71.



Титова Марина Николаевна
Год рождения: 1985
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № В4210
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: Smprof@yandex.ru

УДК 504.064.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ОХРАНЫ

М.Н. Титова
Научный руководитель – д.т.н., доцент В.М. Денисов

Современное развитие информационного общества обуславливает возможности получения доступа к все возрастающему объему неструктурированных данных, получаемых с помощью различных устройств. Важнейшей сферой извлечения первичных данных является область мониторинга и охраны различных объектов, как естественных, так и созданных человеком. Получаемые сведения об изменениях параметров внешней среды (температура, влажность, деформация, угол наклона, освещенность пр.) крайне важны для целей предотвращения опасных природных и техногенных явлений. Обработка и интерпретация этих сведений на верхних уровнях систем мониторинга является одним из важнейших направлений современных исследований. Однако такое качественное развитие систем мониторинга верхнего уровня невозможно без создания экономичных, универсальных, гибконастраиваемых подсистем сбора первичной информации, позволяющих синхронно снимать показания об изменении множества различных параметров внешней среды в определенной точке.

С другой стороны, в результате роста специализации отраслей промышленности и появления новых технологий происходит постоянное усложнение различных агрегатов, измерительных устройств, и вообще структур, созданных человеком. Этот процесс неминуемо сопровождает унификация некоторых компонентов машин, приборов и прочих структур, который преследует цели экономии имеющихся ресурсов, упрощения сложных механизмов и т.п.

Вероятность наступления опасных природных явлений, таких как камнепады, сели, осыпи, снежные лавины и пр., а также техногенных катастроф, вызванных обрушением зданий, инженерных конструкций, выходом из строя трубопроводов и пр., должна прогнозироваться с помощью современных многофункциональных датчиков мониторинга, предполагающих возможность изменения/дополнения функционального назначения. Близкие по функциям и аналогичные по составу датчики применимы также в области охраны периметров.

Поскольку в различных системах мониторинга и охраны требуются похожие датчики в силу того, что ими будет отслеживаться изменение преимущественно одних и тех же параметров внешней среды, целесообразно говорить об актуальности проектирования многофункциональных датчиков (далее – МФД) с открытой архитектурой, что позволит устанавливать в него определённый набор датчиков в зависимости от объекта мониторинга, его цели и параметров окружающей среды без доработки конструкции и программного обеспечения. Датчики, входящие в МФД, должны легко подключаться к связующему их элементу, осуществляющему управление

ими и обеспечивающему их слаженную работу.

Основная цель систем мониторинга и охраны с использованием множества датчиков – предотвращение ЧС посредством своевременного оповещения о вероятности их наступления. Системы мониторинга и охраны круглосуточно следят за опасными природными объектами и подают сигнал тревоги, если значения контролируемых параметров превысили пороговые значения [1 – 3].

Степень разработанности проблемы. Идеи многофункциональности датчиков подробно изучались Цапенко М.П., Алейниковым А.Ф., Гридчиным В.А. Также подходы к решению этой проблемы можно найти, например, в работах Тайманова Р.Е. и Сапожниковой К.В., посвященных концепции интеллектуального датчика как датчика с метрологическим самоконтролем. В данных работах под интеллектуальными датчиками (Smart Sensor) понимаются датчики, в состав которых кроме собственно чувствительного элемента, могут входить: соответствующая измерительная схема, аналоговые преобразователи (усилитель, фильтр и т.п.), аналого-цифровой преобразователь, микропроцессор (для цифровой обработки, например, линеаризации, диагностики), контроллер промышленной сети.

Более целостный подход к рассмотрению проблемы проектирования многофункциональных датчиков продемонстрирован в диссертациях Марченко И.О. и Богданова С.П.

За рубежом также проводились исследования в данном направлении. Результатом является принятие семейства стандартов IEEE 1451. Этим семейством стандартов описывается организация хранения данных конкретного датчика и протоколы обмена датчика с внешними системами. Имеются публикации о разработке датчиков с коррекцией показаний.

Однако вопросам целесообразности создания и особенностям функционирования многофункциональных датчиков, специализированных для универсального использования в системах мониторинга и охраны, уделяется значительно меньше внимания.

Цель исследования заключается в оценке целесообразности инновационного проекта по созданию многофункционального датчика для систем мониторинга и охраны.

Для достижения поставленной цели решен ряд задач:

- проведен аналитический обзор систем мониторинга, работающих по принципу беспроводных сенсорных сетей, и отдельных технических решений, предполагающих единовременный сбор информации о множестве параметров внешней среды;
- рассмотрена суть понятия «открытая архитектура», выявлены необходимые условия ее существования;
- описаны конкретные технические реализации (исполнения) проектируемого МФД с точки зрения сфер их практического применения;
- осуществлен подбор чувствительных элементов входящих в состав многофункционального датчика, а также разработка универсальной структурной схемы прибора;
- разработаны и описаны технические требования к видеодатчику в составе МФД;
- разработаны модели оценки экономической целесообразности создания и использования МФД.

Объектом исследования выбрана сфера мониторинга опасных природных явлений, инженерных конструкций и геотехнических систем.

Предметом исследования являются экономический и отдельные технические аспекты процесса проектирования многофункциональных датчиков для систем мониторинга и охраны.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Сформулирован принцип открытой архитектуры как основы для проектирования многофункциональных датчиков с возможностью расширения их функциональных характеристик.
2. Предложена обобщенная структурная схема МФД, включающего набор датчиков для решения конкретных задач в системах мониторинга;
3. Предложен универсальный алгоритм функционирования МФД, включающего набор чувствительных элементов;
4. Предложена математическая модель для принятия решения об использовании открытой архитектуры многофункциональных датчиков в системах мониторинга и охраны.

Практическая значимость исследования заключается в использовании инновационного принципа комбинирования нескольких чувствительных элементов в рамках одного МФД, что позволяет пользователю извлекать качественно новую информацию на основе анализа больших потоков данных о различных параметрах внешней среды. Результаты подобных измерений могут быть успешно использованы для раннего предупреждения чрезвычайных ситуаций.

В ходе проведенного исследования получены следующие результаты:

1. На основе проведенного обзора тенденций в области мониторинга и охраны сформулирована проблема необходимости, с точки зрения повышения комплексной безопасности, интеграции детекторов различного назначения в структуру единого многофункционального датчика, обладающего открытой архитектурой с возможностью создания различных комбинаций измерительных средств на общей базе. В условиях технической миниатюризации компонентов становится возможным гибкое управление количеством датчиков в рамках единого многофункционального датчика.
2. Описан и структурирован принцип единой архитектуры систем как один из важных стимулов к развитию инновационных процессов в российской экономке. Подобный подход уже нашел свое отражения в системах мониторинга инженерных конструкций и сооружений, и поэтому требуется его систематизация и экономическое обоснование. Основным преимуществом использования подхода является компенсация дополнительных погрешностей и несовершенства отдельных измерительных средств и компонентов, появившихся в силу издержек конструирования и пр. технологических ограничений, бóльшими преимуществами за счет появляющихся возможностей сбора и оперативной обработки множества параметров одновременно.
3. Осуществлен обоснованный выбор чувствительных элементов в составе многофункционального датчика (датчик, вибрации, наклона, температуры, освещенности и т.д.). Предложены универсальная структурная схема многофункционального датчика для систем мониторинга и охраны, унифицированный алгоритм работы, представлены примеры работы подобных систем в реальных условиях. Обоснована необходимость производства многофункциональных датчиков в конкретных исполнениях (4 исполнения в зависимости от задачи в прикладной области).
4. Подробно рассмотрена структура видеодатчика в составе МФД: осуществлен выбор элементной базы для создания этой подсистемы многофункционального датчика (матрица (ПЗС Sony ICX259AL, 795x596 пкс), объектив (Fujinon YV2.2x1.4A-SA2(L), f’=3,1 мм) и отдельные параметры функционирования системы.
5. Систематизированы частные и общий экономические эффекты от создания и использования многофункционального датчика в долгосрочной перспективе. Установлено и отражено в модели, что инвестиции в создание единого блока не должны быть выше, чем те экономические выгоды, которые могут быть получены

пользователем информации на верхнем уровне.

6. Проведено технико-экономическое обоснование инновационного проекта про разработке, производству и коммерциализации многофункционального датчика для систем мониторинга и охраны: составлен план развития проекта на краткосрочную и долгосрочную перспективы, обоснован размер инвестиций в разработку (90,5 млн. руб.), представлены подробные сметы инвестиционного проекта, произведен расчет показателей целесообразности инвестиций на инвестиционном горизонте планирования – 11 лет. Основной показатель – срок окупаемости проекта – 9 лет (соответствует ожиданиям инвесторов).

По результатам проведенного исследования можно утверждать, что процесс совершенствования измерительных приборов, а также измерительных комплексов является резервом роста числа не только технологических, но и организационных инноваций.

Литература

1. ISO/IEC/IEEE 42010:2011 «Systems and software engineering – Architecture description», IDT
2. Бураков А.В., Сафин А.А. Исследование принципов организации сенсорных сетей в системах мониторинга сооружений защиты от скально-обвальных явлений // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО – 2015. – Т. 1. – С. 89-91
3. Титов А.Б. Экономическое обоснование использования единой платформы для создания группы полевых измерительных оптико-электронных приборов // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО – 2017. – Т. 2. – С. 251-254



Трохов Евгений Сергеевич
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
группа № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: mr.mango55@mail.ru

УДК 65.011.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММЫ «БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА» В КОМПАНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Е.С. Трохов
Научный руководитель – к.э.н. А.С. Павлова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 Тема НИР: «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

На сегодняшний день сектор экономики производства напитков, а именно бутилированной воды, прохладительных напитков и соков, является растущим в России. Продажи безалкогольных напитков в России к 2022 году будут расти в среднем на 1,5% ежегодно, поэтому вопрос оптимизации процессов, повышения эффективности их производства сегодня весьма актуален [2]. С этой целью в организациях внедряют методологии управления, меняющие корпоративную культуру и производственный процесс в целом. Одним из трендов в управлении эффективностью производственного процесса является методология бережливого производства (lean production). Согласно определению ГОСТ Р 56020-2014 бережливое производство (далее БП) – это концепция организации бизнеса, ориентированная на создание привлекательной ценности для потребителя путем формирования непрерывного потока создания ценности с охватом всех процессов организации и их постоянного совершенствования через вовлечение персонала и устранение всех видов потерь [1].

Целью данной работы является совершенствование программы бережливого производства на предприятии по производству безалкогольных напитков.

При проведении исследования были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изучить уровень внедрения БП и основные факторы, препятствующие его внедрению на российских предприятиях Северо-Западного региона,
2. Сформулировать рекомендации по совершенствованию программы БП на предприятии по производству безалкогольных напитков.
3. Разработать, апробировать и провести обучающий тренинг для сотрудников предприятия с применением инновационных методов обучения.

Научная новизна работы состоит в том, что она носит мультидисциплинарный характер, основываясь на информационной базе экологического менеджмента, методах обучения, проектном менеджменте, содержит результаты анализа эффективности процессов на конкретном предприятии по производству напитков и рекомендации по улучшению текущей ситуации.

Результаты опроса предприятий Северо-Западного региона.

Первоначально, с целью выявления осведомленности на предприятиях Северо-Западного региона о БП было проведено анкетирование 127 респондентов – сотрудников компаний разных отраслей промышленности: руководители высшего звена предприятий (7,8%), средний менеджерский состав (41,7%), специалисты и работники производства (47,2%), а также бизнес-тренеры (3,1%).

В ходе проведенного опроса было выявлено, что 33 % респондентов никогда не слышали о БП, 67% знают о данном подходе. На исследуемых предприятиях наиболее популярными инструментами являются: комплексное управление качеством (Total Quality Management, TQM) – внедрено у 75% предприятий, Кайдзен (Kaizen) – у 75%, картирование потока создания ценности (Value stream mapping) – 75%, а также система быстрой переналадки (Single-Minute Exchange of Dies, SMED) – 60 %, система 5S– 60 %, канбан (Kanban) – 35%.

В качестве областей для развития респонденты отметили увеличение эффективности работы, которая не связана с производственной деятельностью напрямую (н.п. административная деятельность). Примерно половина опрошенных респондентов отметила важность совершенствования оборудования и технологий производства.

Участники опроса привели примеры улучшения от внедрения инструментов БП:

1) «Система 5S способствовала ускорению отгрузки продукции в 4 раза, а также увеличению вместимости складов на 20%»;
2) «Кайдзен – проекты привели к снижению времени, затраченного на подбор комплектующих со склада на 15-20%»;
3) «Сокращены потери расходных материалов, эффективность работы персонала увеличена на 28%, оптимизирован ручной труд, сокращено водопотребление на 20%, энергопотребление на 15%, на 10% увеличена доля отходов, переданная на переработку, сокращены выбросы парниковых газов».

Анализ литературных источников и результаты опроса помогли выделить следующие трудности внедрения методологии, которые условно можно разделить на культурный фактор (42% опрошенных – низкая осведомленность сотрудников, низкая мотивация), управленческий (38% – низкий уровень управления изменениями в компаниях, отсутствие инновационной среды и системного подхода к внедрению) и экономический (20% – недостаток финансирования и неготовность руководства инвестировать в проекты, предложенные персоналом, со сроком окупаемости более 3-х лет).

Результаты опроса исследуемого предприятия.

Для выявления уровня знаний о БП на исследуемом предприятии был проведен опрос сотрудников. Общее количество опрошенных – 33 человека из производственного, инженерного отделов и отдела качества.

Наиболее известными инструментами для сотрудников на исследуемом предприятии являются Кайдзен, быстрая переналадка оборудования, система комплексного обслуживания и система управления качеством (TQM). Однако, среди уже внедренных инструментов: система управления качеством (TQM), система комплексного обслуживания оборудования (TPM), быстрая переналадка (SMED), Кайдзен (Kaizen). В качестве областей для развития респонденты отметили оптимизацию временных затрат и совершенствование оборудования и технологий производства. Стоит отметить, что сотрудники разных отделов имеют различный уровень осведомленности об одном и том же инструменте. Как видно из гистограммы, сотрудники производственного отдела хорошо осведомлены об инструментах БП, связанных с работой оборудования. О Кайдзен – идеологии осведомлены практически все сотрудники, т.к. этот инструмент является частью системы менеджмента предприятия.

На предприятии существует процедура подачи заявок на улучшения. 58% опрошенных подавали такие заявки, что говорит о хорошей вовлеченности персонала. 55 % поданных заявок были одобрены и внедрены в процесс.

Изучение процесса CIP-мойки на исследуемом предприятии.

На следующем этапе исследования на предприятии был детально рассмотрен процесс CIP-мойки оборудования (CIP – Cleaning In Place). Частыми являются возникающие задержки при выполнении мойки и, как следствие, срывы плана производства. Поэтому исследование этого процесса представляет практический интерес с точки зрения не только сокращения потерь, но и сокращения потребляемых ресурсов.

В результате наблюдений за рабочими процессами, интервьюирования инженров-химиков и операторов, с привлечением заинтересованных сторон: сотрудников производственного отдела, отдела качества, сотрудников инженерной службы, планового отдела был разработан план корректирующих действий. Комплекс мероприятий можно разделить на административные (установка ламп большей мощности на участке погрузчика, обеспечение операторов необходимым оборудованием, редактирование рабочих стандартов, улучшение коммуникации персонала), технические рекомендации (замена пастеризатора на более экономичный Tetra Pak BF) и рекомендации по обучению и развитию (внедрение инструментов бережливого производства, повышение осведомленности персонала об экологических аспектах деятельности).

Группа административных мероприятий не требуют больших финансовых вложений, однако, улучшает условия труда сотрудников, коммуникацию между ними, ведет к экономии трудовых ресурсов.

Эколого-экономический эффект и результаты расчета рентабельности предлагаемого технического мероприятия приведены в табл. 1, табл. 2 далее.

Таблица 1

Экологический эффект

Вид воздействия	Экологические сбережения		Сумма годовой экономии
	количество	%	тыс.руб/год
Сокращение потребления воды $м^3$/год	14590,8	19,3	364,7
Снижение образования сточных вод $м^3$/год	14590,8	19,3	423,1
Снижение потребления эл. энергии, кВт	38774,6	11	139,5
Итого			927,3

Проект является рентабельным, так как: период окупаемости меньше 3х лет, чистый дисконтированный доход > 0, внутренняя норма рентабельности больше реальной процентной ставки, индекс доходности > 1.

Таблица 2

Рентабельность проекта

Общие инвестиции (I_0)	тыс.руб	1391,8
Чистая экономия (B)	тыс.руб/год	708,5
Срок окупаемости (PB)	год	1,9
Чистый дисконтированный доход (NPV)	тыс.руб	1580,2
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	%	27,7
Индекс доходности (PI)		1,13

Первоначально, для подготовки материалов мероприятий по обучению и развитию персонала для более глубокого изучения темы и с просветительской целью была организована серия открытых мастер–классов на базе Центра личностного развития Университета ИТМО (СПб). Был разработан сайт мероприятия и обеспечивалось информационное сопровождение событий. Программа мероприятий включала темы: классификация потерь и причины их возникновения, принципы их сокращения, построение и анализ карты процессов, геймификация как способ нематериальной мотивации сотрудников. Далее с экспертами-практиками были разработаны, апробированы и адаптированы под задачи компании две деловые игры для корпоративного тренинга.

Обучающее мероприятие, участниками которого стали 98 человек, включало в себя метафорическую историю, теоретические блоки и практические в виде игр. Задачи мероприятия: обеспечить командообразующую функцию и обучить комплексу инструментов методологии БП были выполнены.

Однако, на рассматриваемом предприятии внедрить в процессы новые элементы методологии не удалось, что связано с реорганизационными изменениями в тот период времени: смена заинтересованных руководителей, отсутствие системного подхода и поддерживающих встреч с персоналом для обсуждения изученных инструментов БП.

В процессе исследования были выявлены следующие результаты:

1. Наиболее распространенные инструменты БП на предприятиях Северо – Западного региона: Kaizen – постоянное совершенствование, 5S – система упорядочивания рабочего пространства, SMED – быстрая переналадка, TPM – всеобщее обслуживание оборудования, TQM – система менеджмента качества. Основные проблемы в области внедрения: сложности управления изменениями и ценностями в компаниях, низкая осведомленность сотрудников о методологии, сопротивление персонала.
2. По результатам исследования CIP-мойки был разработан комплекс мероприятий по совершенствованию программы БП (административные, технические рекомендации и рекомендации по обучению и развитию).
3. Корпоративное обучение персонала помогло повысить уровень знаний об инструментах методологии, однако их закрепления в процессах предприятия не произошло из – за реорганизационных изменений в посттренинговый период.

В качестве рекомендации следует отметить, что при внедрении БП первостепенное значение необходимо уделять поддержке персонала, вовлекать его в процесс нововведений, выстраивать благоприятную среду для коммуникаций. Потенциал сотрудников, которые полностью принимают изменения, должен быть реализован в работе по воплощению проектов улучшения деятельности предприятия и

вовлечении коллег. В дальнейшем планируется исследование мнений стейкхолдеров БП и разработка алгоритмов решения проблем при возникновении трудностей при внедрении БП.

Литература

1. ГОСТ Р 56020-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Основные положения и словарь.
2. Анализ рынка безалкогольных напитков в России в 2013-2017 гг. Прогноз на 2018-2022 гг, [Электронный ресурс]: – Режим доступа https://marketing.rbc.ru/research/27114/



Умнова Ангелина Валерьевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра световодной фотоники,
группа № В4272
Направление подготовки: 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи
e-mail: angelina_umnova@rambler.ru

УДК 621.314.1

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ КОСЫ

А.В. Умнова
Научный руководитель – к.т.н. А.С. Алейник

В настоящее время активно развиваются технологии в области геологоразведки и мониторинга разрабатываемых месторождений, наиболее перспективными и инновационными являются оптоволоконные системы сбора сейсмической информации. Такие системы представляют из себя протяженные волоконно-оптические кабели длиной десятки километров. Проблема электропитания стабильным напряжением электрооптических узлов такой системы стоит особенно остро.

Как известно, для передачи энергии на большие расстояния обычно используются высоковольтные линии. Это объясняется тем, что увеличивая напряжение при фиксированной мощности, ток уменьшается и соответственно снижаются тепловые потери в проводах. Волоконно-оптическая сейсмическая коса является протяженным объектом, поэтому в ней для питания узлов также используются высоковольтные линии, по которым энергия от источника передается к электрооптическим узлам, расположенным вдоль косы. Необходимое напряжение источника питания выбирается исходя из энергетического расчёта кабеля, который показывает какое количество мощности рассеивается на каждом участке между узлами. Как уже было сказано, длина сейсмической косы составляет порядка десяти километров, поэтому, с учётом рассеиваемой мощности, напряжение на первом модуле и на последнем будет значительно отличатся, а значит данный модуль должен работать с широким диапазоном входных напряжений.

Главной задачей системы электропитания волоконно-оптической сейсмической косы является обеспечение всех узлов питанием через преобразование напряжения, приходящего от высоковольтного источника в напряжение, необходимое для питания компонентов модуля. Диаметр кабельной части, в которой располагаются электрооптические модули составляет не более 30 мм. Таким образом, предъявляются строгие требования к габаритам модуля питания, который будет выполнять функцию преобразования напряжения.

Готовые решения, представленные на рынке преобразователей напряжения в настоящее время, обладают узким диапазоном входных напряжений и не удовлетворяют требованиям к габаритам. Поэтому создание миниатюрного преобразователя, работающего с широким диапазоном входных напряжений, является актуальной проблемой в области электроники.

Целью работы является разработать концепцию и основные элементы системы электропитания волоконно-оптической сейсмической косы.

В ходе работы был произведен энергетический расчёт кабельной части волоконно-оптической сейсмической косы. Согласно результатам, полученным в ходе

моделирования системы электропитания волоконно-оптической косы, состоящей из 54 кабельных секций при условии, что напряжение питания на последней секции не опустится ниже 350 В, напряжение на источнике питания должно лежать в диапазоне от 570 до 600 В. Потребляемый ток составит от 3,6 до 4 А. При этом входное рабочее напряжение модуля питания электрооптического узла должно быть в диапазоне 300–600 В.

Исходя из энергетического расчёта и размеров корпуса были сформулированы следующие требования к преобразователю напряжения:

– диапазон входных напряжений от 300 В до 600 В;
– выходное напряжение 24 В;
– выходная мощность не менее 15 Вт;
– КПД не менее 90 %;
– установка в цилиндрический корпус диаметром не более 30 мм и длиной не более 100 мм.

Проведенный аналитический обзор существующих топологий преобразователей показал, что более сложные схемы позволяют получить более высокую эффективность. Но в случае необходимости получить миниатюрный преобразователь, выбор сложных систем не всегда целесообразен. Из простых схем обратноходовой преобразователь имеет явное преимущество над прямоходовым, за счёт эффективности и размера трансформатора [1]. А полумостовой резонансный преобразователь, обладая высокой эффективностью за счёт резонанса и снижения потерь на коммутацию, выигрывает по сравнению с мостовой топологией, которую обычно выбирают при работе с высокомощными системами [2]. Таким образом, в результате аналитического обзора были выбраны две наиболее подходящие топологии: обратноходовая и полумостовая резонансная LLC. По выбранным топологиям был произведен расчёт, моделирование и составлена принципиальная схема. Проведенный расчёт показал, что индуктивность первичной обмотки трансформатора для обоих случаев составляет порядка 5–6 мГн. Следовательно, возможно использовать один и тот же сердечник фирмы TDK B66287G0000X149, габариты которого удовлетворяют требованиям по установке в цилиндрический корпус диаметром 30 мм.

Принципиальная схема и результаты моделирования в программном пакете LTspice обратноходового преобразователя представлены на (рис. 1). Как видно из графика (рис. 1б), на транзисторе присутствуют затухающие колебания переходного процесса, которые крайне нежелательны, когда речь идёт о модуле, который работает в непосредственной близости от волоконно-оптического датчика. Амплитуда данных колебаний регулируется при помощи снаббера [3]. Но стоит учитывать, что если сгладить их полностью, то на снаббере будет рассеиваться большое количество энергии. Поэтому необходимо выбирать компромисс между величиной потерь на снаббере и амплитудой колебаний на транзисторе. Также стоит отметить, что напряжение на транзисторе превышает входное, а значит требуется высоковольтный транзистор.

На (рис. 2) представлена принципиальная схема и результаты моделирования LLC преобразователя в программном пакете LTspice. По графику на (рис. 2б) видно, что транзисторы выполняют роль генератора прямоугольных импульсов со скважностью 50% и амплитудой равной входному напряжению, в отличии от обратноходового преобразователя. Также в ходе моделирования была оценена эффективность работы преобразователя, которая составила 93,6 %, что на 3 % выше, чем у обратноходового.

В итоге сравнительного анализа двух преобразователей было выявлено, что оба преобразователя удовлетворяют требованиям, но построенный по топологии LLC преобразователь является наиболее оптимальным вариантом с точки зрения эффективности, надежности и отсутствия электромагнитных помех.

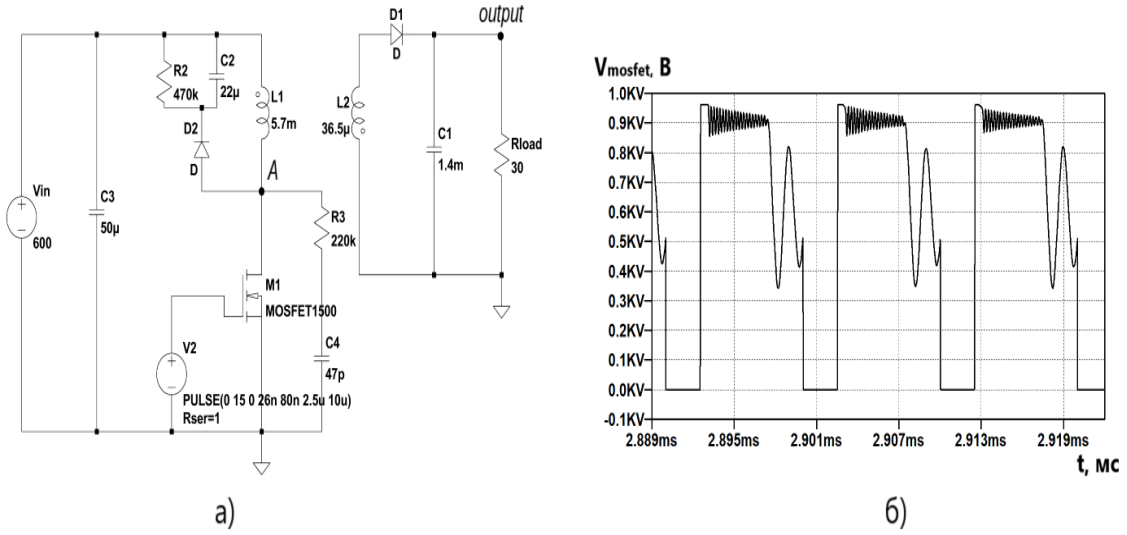


Рис. 1. Моделирование обратноходового преобразователя:
а) принципиальная схема; б) график напряжения на транзисторе (в точке А)

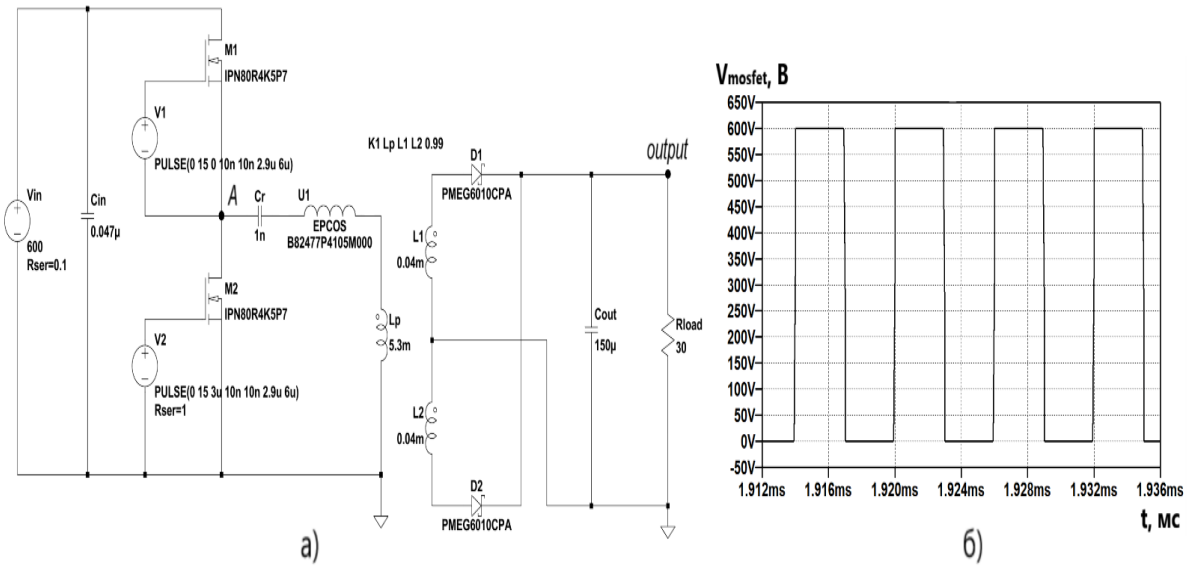


Рис. 2. Моделирование LLC преобразователя:
а) принципиальная схема; б) график напряжения на транзисторе (в точке А)

В итоге сравнительного анализа двух преобразователей было выявлено, что оба преобразователя удовлетворяют требованиям, но построенный по топологии LLC преобразователь является наиболее оптимальным вариантом с точки зрения эффективности, надежности и отсутствия электромагнитных помех.

Таким образом, в результате работы была разработана концепция системы электропитания волоконно-оптической сейсмической косы, в основу которой лёг миниатюрный преобразователь напряжения построенный по топологии LLC. Также в ходе работы был выбран ключевой габаритный элемент, а именно сердечник для трансформатора, который будет спроектирован по планарной технологии [4]. Стоит отметить, что по результатам данной работы планируется создание макета и проведение необходимых экспериментов, что позволит учесть особенности работы системы, которые не удалось выявить на этапе моделирования.

Литература

1. Saliva A.A. Design Guide for Off-line Fixed Frequency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mouser.com/pdfdocs/2-8.pdf, своб.
2. Новиков Ю., Соломатин М. Разработка полумостового резонансного преобразователя на основе IRS2795 // Электронные компоненты. – 2011. – № 3. – С. 103–111.
3. Лэйсли П. Проектированние снабберных схем // Электронные компоненты. – 2011. – № 3. – С. 122–124.
4. Lloyd Dixon. Designing Planar Magnetics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https:/www.ti.com/download/trng/docs/seminar/Topic4LD.pdf, своб.



Федотов Андрей Александрович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра информационных технологий
топливно-энергетического комплекса,
группа № b4275
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника
и лазерные технологии
e-mail: logrus7@gmail.com

УДК 535.44

ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОННЫХ СТРУКТУР В ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТАХ МЕТОДОМ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

А.А. Федотов
Научный руководитель – доцент, к.ф. –м.н. Ю.Э. Бурункова

Работа выполнена в рамках темы НИР «Формирование и исследование фотонных структур в полимерных нанокомпозитах методом интерференции»

Рассматривая современные тенденции в сфере материалов и технологий, мы видим, что в области фотоники исследователей интересует создание объектов с размерами, сопоставимыми с длинами волн, с которыми они взаимодействуют – наноструктур. Это объясняется тем, что в таких малых масштабах начинают проявляться квантовые эффекты, то есть полученные структуры будут обладать свойствами, существенно отличающимися от свойств привычных макроструктур.

Полимерные композитные материалы сейчас широко применяются и разрабатываются для применения в качестве материалов для элементов фотоники благодаря присущей им стабильности фотофизических характеристик. Эти материалы имеют преимущество перед другими в том, что они доступны, их свойствами легко манипулировать, их модификация является относительно простым процессом, и, используя данные материалы можно легко формировать пленки и объемные структуры на подложках различных по форме, в том числе и гибких. Примерами структур, создаваемых на основе данных материалов в сфере фотоники могут служить: микро- и наноструктуры, различные периодические структуры – фотонные кристаллы и дифракционные решетки, микролинзы, оптические чипы, устройства для управления световыми пучками, волноводы и так далее.

Метод голографической литографии, рассматриваемый в данной работе, является на данный момент хорошо изученным методом, используемым для создания голограмм в таких композитах. Данный метод позволяет создавать плоские и объемные структуры, формируемые в поле интерференции световых волн, которые после процесса полимеризации остаются в объеме заполимеризованного нанокомпозита [1]. Наночастицы же являются дополнительным компонентом, который придает таким структурам дополнительные свойства, например, увеличивает разницу показателей преломления между разными частями структур, а следовательно, и увеличивает контрастность полученных голограмм.

На данный момент существует большая теоретическая база по данному методу, но много процессов, происходящих в композитах во время записи, остаются недостаточно исследованными. Также остается мало изученным вопрос о влиянии введения различных наночастиц в такие композиты на конечные свойства полученных структур.

Процессы формирования структур состоят из многих этапов: инициирование, сам процесс полимеризации, диффузия элементов. И к каждому из этапов данного процесса выдвигаются свои требования и ограничения. Поэтому нужно проводить исследования, чтобы понять процессы, протекающие на каждом из этапов формирования структур, а также свойства полученных структур и их зависимость от начальных условий экспериментов.

Поскольку полученные на базе таких нанокомпозитов оптические устройства должны применяться в качестве элементов фотоники, то в связи с этим ведутся исследования полимерных материалов на предмет взаимодействия с мощным лазерным излучением. Таким образом, применение оптических элементов и устройств на основе полимерных нанокомпозиционных материалов, опирается на предваряющие исследования по взаимодействию излучения с веществом, а также на полученные в ходе этих экспериментов закономерности изменения свойств нанокомпозитных элементов.

Выполнение работы включает в себя выполнение нескольких задач. Первой из них является запись одномерных фотонных структур методом голографической литографии, после которой проводится измерение дифракционной эффективности, селективности и временной стабильности дифракционной эффективности записанных структур для подбора режимов записи и выбора оптимальных характеристик для записи для каждого из исследуемых композитов. Вторым этапом исследования было изучение влияния наночастиц золота на разложение инициатора, с целью выяснить, как именно изменяется процесс разложения инициатора во время записи. Третий этап – это исследование лучевой прочности пленок, приготовленных из различных мономерных составов, с добавлением в них наночастиц золота или без. Данная цель была поставлена с целью получения информации о влиянии введения наночастиц золота на характеристики лучевой прочности пленок, приготовленных из исследуемых составов.

В работе исследованы два композитных состава с двумя модификациями каждый, с введенными наночастицами золота и без. Композиты различались составами мономеров и введенными инициаторами – фенонтренфенон и иргакюр 784. В ходе выполнения работы были разработаны методы исследования для каждого из обозначенных этапов. В ходе выполнения первого этапа были записаны структуры на пленках из каждого состава на классической двулучевой схеме. Период записанных структур составил 2,77 мкм. Структуры оказались стабильными и сохраняли свою дифракционную эффективность в течении месяца. Запись производилась излучением с различными плотностями мощности, которые регулировались светофильтрами, для получения максимальных дифракционных эффективностей для каждого состава. Максимальная дифракционная эффективность, значение которой было 75%, была достигнута при использовании одного из составов, содержащего наночастицы золота, при плотности мощности 10 мВт/см^2. Также, полученные структуры сохраняют показатели дифракционной эффективности на одном уровне на протяжении более чем месяца, то есть являются стабильными.

На следующем этапе было проведено исследование влияния наночастиц золота на распад инициаторов, используемых в композитах. Для этого была собрана установка, на которой происходило облучение растворов инициатора с введенными наночастицами золота и без и пленок. Через определенные промежутки времени снимались спектры поглощения пленок на УФ – спектрофотометре. Анализируя пики поглощения инициаторов в пленках и растворах можно построить графики кинетик разложения инициаторов, и понять, как влияет введение наночастиц золота на скорость распада инициаторов. Анализ полученных данных показывает, что во всех случаях введение наночастиц золота замедляет процесс разложения инициатора.

На третьем этапе было проведено исследование лучевой прочности пленок и определено влияние наночастиц золота на данную характеристику материала. Для этого была собрана установка на основе лазера с активной средой алюмо-иттриевый гранат,

легированного неонами неодима. Используемая гармоника – 1064нм. Длительность импульса 10 нс. Энергия в импульсе 210 мДж. Контроль разрушений проводился при помощи визуальной идентификации на микроскопе Olympus STM-6, включенном в режимах пропускания и отражения света, а также в режиме интерференционного контраста. В результате были получены значения плотностей энергии, которым соответствовало определенное количество разрушений на пленках.

Для перехода к количественным оценкам было введено понятие порога разрушения. За порог разрушения принимается средняя величина плотности энергии в пятне между плотностью энергии, при которой повреждение отсутствует, и плотностью энергии, при которой повреждение визуализируется с вероятностью 50%, то есть в половине случаев [2]. За критерий разрушения исследуемого образца принимаем проявление в пределах зоны облучения образца необратимых изменений, которые могут быть однозначно идентифицированы визуально с помощью микроскопа. Для визуального контроля использовался оптический микроскоп Olympus STM6. Полученные значения плотностей энергии для каждого из составов приведены в таблице.

Таблица

Значения плотностей мощности порогов разрушения для пленок из составов, полученные в экспериментах на наносекундном лазере.

№ Состава	Плотность энергии, при которой в половине случаев присутствует повреждение, мДж/см^2	Плотность энергии, при которой повреждение отсутствует, мДж/см^2	Порог разрушения, мДж/см^2
108a	1334,71	1296,9	1315,8
108Au	1296,9	1037,52	1167,21
112a	1334,71	1296,9	1315,8
112Au	1296,9	1037,52	1167,21

В ходе работы записаны одномерные дифракционные решетки на пленках из разных модификаций составов 108 и 112. Была проведена запись кинетики дифракционной эффективности и ее стабильности.

Из графиков кинетики дифракционной эффективности во время записи можно заключить, что для структур, записанных на составе с инициатором фенонтренфенон, введение наночастиц золота однозначно улучшает показатель дифракционной эффективности полученных структур, по сравнению с решетками, записанными на составе, не содержащем наночастицы золота.

Записанные структуры стабильны во времени, то есть способны на протяжении долгого времени (более месяца) после записи сохранять показатель дифракционной эффективности, а значит и саму записанную в них структуру, на первоначальном уровне.

Проведено исследование влияния введения наночастиц золота на распад инициаторов, используемых в нанокомпозитах. Присутствие наночастиц золота в растворах инициаторов и нанокомпозитах замедляет процесс распада инициатора, что в свою очередь вызывает изменения и в процессе полимеризации – диффузии, который является основным в рассматриваемом методе записи.

Были получены значения лучевой прочности для пленок из различных модификаций композитов. Введение наночастиц золота снижает лучевую прочность структур более чем на 10%. Также было замечено, что при облучении записанных структур пучками с энергией выше лучевой прочности, разрушение идет вдоль одной из полос решетки, перпендикулярно оси модуляции показателя преломления, что указывает

на то, что в данных полосах находится компонент имеющий более низкую лучевую прочность.

Дальнейшее направление исследования заключается в более детальном изучении процессов взаимодействия инициатора и наночастиц золота, для объяснения замедления распада инициатора. Также предполагается запись трехмерных структур на других сехмах записи на данных композитах и изучение их свойств.

Литература

1. E. Stankevičius, M. Gedvilas, B. Voisiat, M. Malinauskas, G. Račiukaitis Fabrication of periodic micro-structures by holographic lithography // Lithuanian Journal of Physics, Vol. 53, No. 4, pp. 227 – 237, 2013. doi.org/10.3952/physics.v53i4.2765
2. Т.Н. Смирнова, О.В. Сахно, И.А. Стрелец, Е.А. Тихонов Температурная стабильность и лучевая прочность голографических решеток на фотополимерных материалах // Журнал технической физики, 1998, том 68, №6



Хмара Елена Павловна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности
и жизнедеятельности,
группа № Т4250
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail: hmara.e@yandex.ru

УДК 67.08:504.064.36.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В АЭРОПОРТУ ПУЛКОВО

Е.П. Хмара
Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

Аэропорт – это огромный и сложный организм. Каждый день несколько тысяч человек, сотни единиц спецтранспорта и воздушных судов перемещаются, «живут» и работают на аэродромной территории, это сопряжено с экологическим воздействием. Не все виды воздействия легко поддаются уменьшению, но способы предотвращения и снижения воздействия есть.

Аэропорт Пулково – является международным аэропортом федерального значения. Расположен в Северо-Западном федеральном округе России. На данный момент, является единственным аэропортом в Санкт-Петербурге, обслуживающим официальные рейсы.

Руководство аэропорта с большой ответственностью относится к вопросам охраны окружающей среды и поощряет внедрение новых мероприятий.

Так с 2013 года в Пулково действует система раздельного сбора отходов. Для создания и внедрения системы этого были изучены положительный опыт других международных аэропортов, в особенности аэропорта города Франкфурт-на-Майне. Санкт-Петербургский аэропорт один из первых в РФ применил данную систему по обращению с отходами. Для этого на территории терминала и офисных помещений были установлены урны для раздельного сбора трех видов для таких фракций, как «Бумага, газеты, журналы»; «Тара» и «Прочий мусор» [1].

Помимо урн раздельного сбора, так же макулатура собирается отдельно сотрудниками аэропортов и еженедельно вывозится в специальный контейнер для сбора макулатуры, откуда потом вывозится подрядчиком на завод и из переработанной бумаги производят продукцию фирмы «Zewa».

Кроме того, на территории осуществляется раздельный сбор таких фракций: лом черных металлов, отработанное масло, отработанные покрышки, тара (пластиковая, алюминиевая), стеклотара (стеклянные бутылки), отработанные аккумуляторы. Все это вывозят подрядчики и перерабатывают для получения вторичного сырья.

Отходы пассажирского терминала, не прошедшие сортировку на территории аэропорта, так же вывозятся подрядчиком на сортировочный завод, где отсортировываются отдельные виды пластмассы, алюминия, стекла, макулатуры и получается готовое вторичное сырье для дальнейшей переработки и использования в

хозяйственном обороте.

В целом система раздельного сбора дает возможность, как самому аэропорту, так и его посетителям, и пассажирам, внести свой важный вклад в дело снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Для того, чтобы усовершенствовать существующую систему обращения с отходами в Пулково следовало изучить международные практики в этой области. Рассказать обо всех в данный момент невозможно, но в презентации показаны наиболее интересные.

С января 2009 года Международный аэропорт Джона Ф. Кеннеди (JFK), Нью-Йорк, США при заключении контракта на строительство требуют от подрядчика по план по утилизации отходов, образующихся в процессе их работ. От подрядчика требуется предоставлять документацию, в которой прописано, что не менее 75 процентов отходов (металлолом, асфальт, бетон, почва) перерабатываются и используются при строительстве других проектов. Эта цель была достигнута с момента введения спецификации контракта [3].

Хороший пример программы по снижению объема отходов аэропорт Сиэтл-Такома (США). Этот аэропорт всегда находится на первых строчках рейтингов в области охраны окружающей среды.

Широкая программа утилизации внутри организации в международном аэропорту Сиэтл-Такома включает в себя переработку стекла, кофейной гущи, резины с ВПП, строительного мусора, лампочек, тонер-картриджей, аккумуляторные батареи и много другого. Аэропорт даже утилизирует использованное масло с фритюрниц для переработки в биодизельное топливо. Инновационный подход «Pay-as-you-throw» - «Платите если мусорите» поощряет арендаторов, которые сортируют свои отходы и передают их на утилизацию и рециркуляцию. Плата с таких арендаторов не взимается, что позволяет бесплатно избавляться от отходов. По оценкам при переработке более 1200 тонн отходов в год, аэропорт экономит 120 000 долл. США. Программа продолжает расти, поскольку аэропорт тесно сотрудничает с авиакомпаниями расширяя свою программу на переработку отходов с бортов самолетов [4, 6].

До 2007 года, треть отходов аэропорта Сиэтл-Такома, составляли отходы пищевых производств. С 2008 года в этом аэропорту введена система компостирования отходов. Более 450 тонн отходов ежегодно отправляются на переработку [2].

Проанализировав успешные примеры внедрения и эксплуатации новых технологий аэропортах Соединенных Штатов Америки и Европы была выбрана технология компостирования отходов для внедрения в аэропорту Северной Столицы.

Во многих аэропортах мира используются установки по компостированию таких отходов. Это помогает значительно снизить транспортные расходы, а также расходы на утилизацию, решает проблему с закупкой удобрений для обработки зеленых насаждений и рекультивации почв после строительных и иных работ.

Для того, чтобы установить какая мощность должна быть у компостера, следовало понять, какое количество отходов, подлежащих компостированию, образуется на предприятии. На основе статистических данных по вывозу отходов и отчетам подрядчика было установлено, что на территории аэропорта образуется около 2,5 тонн органоминеральной смеси.

Для расчетов была выбрана компостирующая установка Китайской компания Oklin, так как эта компания производит установки для работы с большим объемом отходов, а также у нее короткий срок обработки отходов. Oklin является одним из лидеров в решении вопросов пищевых отходов в мире. Oklin работает с ведущими мировыми брендами, такими как Unilever, Jumeirah Hotels and Resorts табл. 1, табл. 2, табл. 3, табл. 4. [5].

Таблица 1

Основные характеристики компостера GG500s [5]

Основные характеристики	
Входная мощность	2500 кг / день;
Время обработки	24 часа
Средний процент сокращения отходов	80% - 90%
Потребление электроэнергии	
Потребление питания	7,796 - 19,732 кВтч / месяц
Напряжение	220 В
Мощность двигателя	480 Вт
Размеры	
Ширина	5055 мм
Глубина	1950 мм
Высота	2992 мм
Вес	5500 кг

Таблица 2

Структура инвестиционных затрат проекта «Производство компоста из отходов аэропорта Пулково»

Этап	Итого (тыс. руб.)
Оборудование и материалы	2 700
Пуско-наладочные работы	400
Обучение персонала	200
Прочие расходы	500
Итого инвестиций (I0)	3 800

Таблица 3

Структура эксплуатационных затрат проекта

№ п/п	Наименование статьи затрат	Единица измерения	Количество	Цена за ед., тыс. руб.	Стоимость, тыс. руб.
3	Техническое обслуживание и ремонт	тыс. руб.	–	–	1 000
4	Оплата труда (1 человек)	тыс. руб.	–	28	28
				ИТОГО:	1 028

Таблица 4

Показатели рентабельности проекта

Показатель	Единица измерения	Обозначение	Значение
Общие инвестиции	тыс. руб.	I_0	3 800
Чистая годовая экономия	тыс. руб./год	B	2 842,6
Срок окупаемости	год	PB	1,3
Чистый дисконтированный доход	тыс. руб.	NPV	5 462,8
Внутренняя норма рентабельности	%	IRR	26
Индекс доходности	–	PI	1,4

Внедрение проекта поможет уменьшить расходы за размещение отходов. Внедрение проекта является рентабельным и быстроокупаемым. Установка компостирующей установки поможет повысить уровень аэропорта в вопросах охраны окружающей среды, так как данная технология является ресурсосберегающей.

Существующая программа раздельного сбора отходов позволила значительно снизить расходы на размещение отходов. Многие раздельно собранные фракции являются доходными и дают положительный экологический эффект, так как не просто размещаются на полигоне, а утилизируются и используются в качестве вторичного сырья.

Но не все отходы на данный момент сортируются в аэропорту. Предложенный проект по внедрению компостирующей установки позволить улучшить раздельный сбор в аэропорту Пулково, снизить затраты на размещение отходов, а также повысит статус аэропорта как предприятия, которое занимается вопросами окружающей среды.

Литература

1. Аэропорт Пулково Санкт-Петербург [Электронный ресурс]// URL: https://pulkovoairport.ru/about/news/2018/2865/ (Дата обращения 17.04.2018)
2. Шереметьево Международный Аэропорт [Электронный ресурс]// URL: http://www.svo.aero/news/2017/4266/ (Дата обращения 14.04.2018).
3. Airports Council International–North America, “ACI-NA 2005 Airport Capital Development Needs,” 2005.
4. Elizabeth Leavitt // Recycling Initiatives & Green Incentives Seattle-Tacoma International Airport “Airports Going Green” Conference August 6, 2009 Chicago, IL.
5. Oklin [Электронный ресурс]// URL: http://oklininternational.com/technology/ (Дата обращения 19.04.2018).
6. Waste 360 [Электронный ресурс]// URL: http://www.waste360.com/business-operations/wheels-look-how-us-airports-manage-waste-and-recycling (Дата обращения 14.04.2018).



Чиримисина Дарья Андреевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра высшей школы светового дизайна,
группа № В4280
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: chirimisinad@gmail.com

УДК 628.987

ПРОЕКТ ИНТЕРАКТИВНОЙ ИНСТАЛЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Д.А. Чиримисина
Научный руководитель – к.к.н. Е.Ю. Лекус

Данная работа посвящена установлению объективных факторов, влияющих на эмоциональное состояние человека в процессе его взаимодействия с проектируемой интерактивной световой инсталляцией. Основным принципом работы проектируемой инсталляции является методика биологической обратной связи, осуществляемая с помощью анализа и обработки данных ЭЭГ. Большой комплекс исследований биологической обратной связи (БОС) выполнен с помощью различных биосигналов. Результаты, полученные в работах И. Хазан [1], А. Хаага [2], Ф. Андрасика [3] иллюстрируют разнообразные методы регистрации эмоциональных реакций человека на стимулы. Ряд авторов, таких как Э. Люсьер [4], А. Бурак [5], Д. Маттиас, Э-М.Брауэр в своих работах говорят об исследованиях, направленных на использование методов записи электрических сигналов мозга с целью применения в рамках БОС в искусстве. В проанализированных источниках влияние определенных стимульных факторов на отдельные направления психофизиологической деятельности человека не рассматривается в комплексе в отличие от исследования, приводимого в статье. В предлагаемом исследовании работа с эмоциональным состоянием человека с использованием БОС рассматривается в качестве метода, позволяющего аналитически работать с эмоциональной реакцией человека на комплекс сценариев, как заранее созданных (средовых), так и не заложенных изначально, например, поведение зрителей (агенты влияния). Данные сценарии используются для трансформации пространства, одновременно они являются стимулами для исследования реакции человека при помощи считывания электрических сигналов головного мозга. Проводится анализ влияния спектральных характеристик света в комплексе со звуковыми стимулами разной эмоциональной направленности, который способен дать понимание о наиболее приемлемых комбинациях этих двух стимулов для достижения необходимого эмоционального воздействия на зрителя. Рассмотренные научные исследования показывают, что изучение биологической обратной связи происходило при использовании биосигналов ЭЭГ с подготовленными людьми, тогда как в данной выпускной квалификационной работе исследуются общие паттерны реакций головного мозга человека.

В ходе работы была создана концепция инсталляции «AETHER» основанная на гипотезе формирования нового типа коммуникативной культуры, что в равной степени важно как для современного искусства, так и для зрителя, у которого сегодня зарождается потребность в новых формах коммуникации. Инсталляция представляет собой два физически изолированных друг от друга пространства, объединенных циркуляцией информации. В пространстве «1» находится человек в нейроинтерфейсе

(зритель). Данные активности головного мозга распределяются в одну из трёх эмоциональных категорий, тем самым вызывая сценографические изменения в пространстве «1». В режиме реального времени идентичный контент транслируется в пространство «2». В пространстве «2» находится группа людей, наблюдающих в режиме реального времени изменения состояния зрителя из пространства «1». В помещении установлена видеокамера, транслирующая звук. Зритель из пространства «1» слышит их и видит реакцию на трансляцию своего состояния, что меняет его эмоциональный фон и приводит к зацикливанию коммуникации между группой и зрителем. Схемы структуры проекта и циркуляции информации можно увидеть на (рис. 1) и (рис. 2).

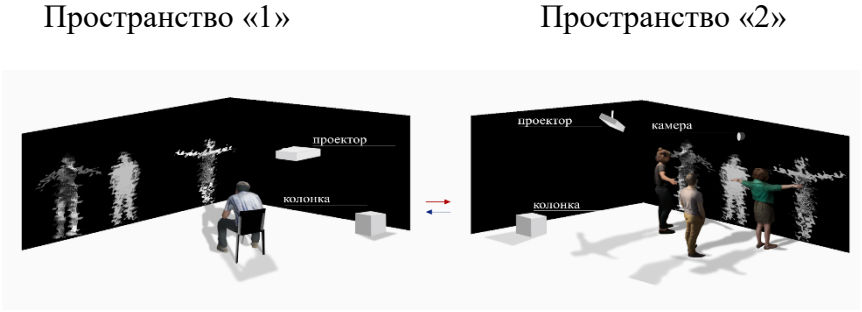


Рис. 1. Схема структуры проекта



Рис. 2. Схема циркуляции информации

В ходе работы над исследованием был осуществлен обзор нейроинтерфейсов, представленных на рынке, в результате которого подобран нейроинтерфейс максимально отвечающий критериям использования в интерактивной инсталляции (Emotiv EPOC). В предварительном исследовании, сделанном на базе Нейротеатра NEU-Theatre исследовалась возможность использования схемы машинного обучения в сочетании с носимыми ЭЭГ-устройствами для перевода субъективного опыта перформера в контент, рассматриваемый в качестве выразительных сценарных средств. Основываясь на индексе межполушарной ассиметрии и кросс-частотной связке (CFC), использовалась система компьютерного интерфейса мозга (BCI), которая присваивает визуальные и звуковые паттерны индивидуально каждому из перформеров. Проводимый эксперимент позволил определить методику для сбора базы данных, используемой для создания классификатора. Второй эксперимент позволил создать методику работы с данными, поступающими с нейроинтерфейса Emotiv EPOC, а также выделить необходимые для работы классификатора паттерны активности головного мозга испытуемых при влиянии стимульных изображений разнонаправленной валентности и возбудимости. Полученные результаты, используемые в классификации эмоционального состояния человека:

– В отведении F7 нами было установлена значимая разница в показателях альфа-ритма. Наблюдается снижение мощности ритма при положительной стимуляции и увеличение при отрицательной;
– В лобных отведениях и у мужчин, и у женщин мощность бета-ритма (18-20 Гц) максимальна при положительной стимуляции и минимальна или же просто близка к нейтральному условию при отрицательной стимуляции.

Благодаря полученным данным был создан классификатор, на основе многослойного перцептрона Румельхарта, точность которого на данных момент составляет 68%. Для визуализации работы классификатора по определению эмоционального состояния человека был создан патч в программе TouchDesigner, результат работы которого можно увидеть на (рис. 3).

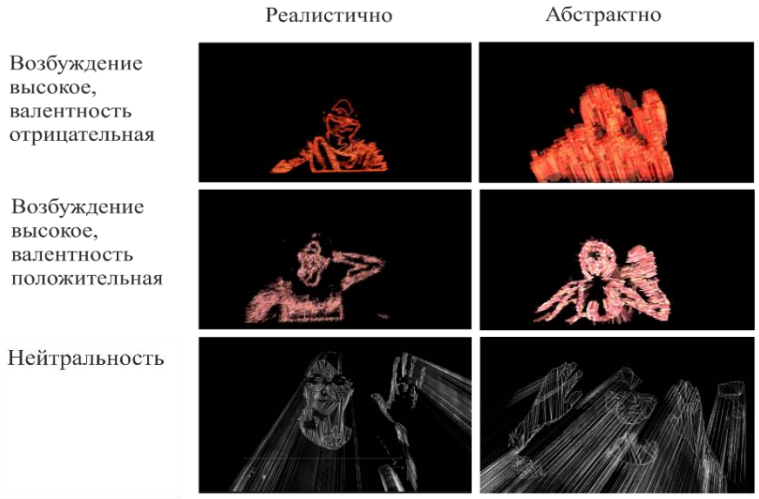


Рис. 3. Визуализации, использующие веб-камеру в режиме реального времени

После того как экспериментально были найдены паттерны в ЭЭГ – сигнале, система может была протестирована в световой среде. Целью проведения эксперимента являлось определение влияния спектральных характеристик освещения на валентность эмоционального состояния человека для создания объективно подходящего светового компонента среды инсталляции, как одного из средств выразительности. Кроме того, эксперимент способен внести ясность в вопрос о комплексном влиянии света и звука на эмоциональное состояние человека, подобрать для инсталляции комбинации света и звука, максимально влияющие и отражающие состояние зрителя. После обработки полученных результатов ЭЭГ испытуемых можно сделать выводы о влиянии светозвуковых стимулов на эмоциональное состояние человека:

- Во время записи ЭЭГ участников при воздействии одной группы стимулов было установлено что Синий увеличивает эмоциональное напряжение более сильно, чем Красный и Зелёный (увеличение мощности Тета-ритма).
- Воздействие Синего света параллельно со звуковыми стимулами (независимо от их валентности) повышает показания мощности Гамма-частот, что говорит о усилении концентрации.
- Красный свет без звукового стимула, красный свет при влиянии негативных/позитивных стимулов вызывает увеличение мощности Бета-частот – усиление концерации, лёгкая тревожность (незначительная вариабельность).
- Во время воздействия зеленого света без звуковых стимулов было зафиксировано увеличение мощности Альфа-волн, что говорит о состоянии спокойствия среди испытумых.

- Воздействие зеленого света в комплексе с негативным стимулом увеличение мощности бета-волн – усиление концетрации, лёгкая тревожность.
- Зеленый свет и позитивный звуковой стимул увеличение мощности Альфа-волны – спокойствие.
- Эмоциональное влияние красного света усиливается при сочетании с отрицательными стимулами (увеличение мощности Бета-ритма), в то время как влияние синего и зеленого света увеличивается с положительными стимулами.
- Красный свет усиливает влияние отрицательных стимулов (возрастание Бета-ритма), синий и зеленый свет усиливает влияние положительных звуковых стимулов.

По результатам работы можно сделать вывод, что на основе влияния средовых (графических, световых) и социальных сценариев могут быть получены общие паттерны эмоциональной реакции людей. В свою очередь это открывает возможность создания модели новой высокоиндивидуализированной коммуникативной культуры. Полученные в ходе экспериментов данные позволяют создать инсталляцию с новым художественным языком общения людей между собой при помощи использования свето-графических элементов инсталляции. Одними из главных задач данного проекта являются акцентирование внимания на межличностных отношениях и психоэмоциональном состоянии человека с помощью системы биомониторинга. Также создание инсталляции AETHER способно привлечь внимание к ЭЭГ как к высокотехнологичному объективному инструменту для анализа среды (световой, архитектурной) с точки зрения ее восприятия пользователем, что является важным шагом на пути к гуманизации окружающей человека предметной среды. На основе методики исследования в рамках данной работы может быть создан образовательный курс лекций, посвященный методам анализа восприятия человеком средовых факторов в световом дизайне или архитектуре. Предлагаемое исследование может способствовать изучению проблемы гуманизации общественных пространств, поскольку предлагает методы объективного получения информации об эмоциональном состоянии пользователя. Также разработанные в проектируемой инсталляции принципы коммуникации людей могут быть использованы в рамках экспериментальных театральных постановок, в которых превалирует тенденция размытия границ между актером и зрителями. В перспективе созданный эмоциональный классификатор может найти применение в медицинских учреждениях благодаря тому, что система позволяет осуществлять диагностику эмоционального и когнитивного состояния человека. Также одной из сфер применения может являться образовательная среда, в которой разрабатываемый классификатор способен осуществлять биомониторинг заинтересованности и концентрации внимания учащихся.

Литература

1. Khazan I. Psychophysiological stress assessment using biofeedback // J Vis Exp.. – 2009. – №29.
2. Haag A., Goronzy S., Schaich P., Williams J. Emotion Recognition Using Bio-Sensors: First Steps Towards an Automatic System // Springer Verlag. – 2004.
3. Andrasik F. Biofeedback in headache: an overview of approaches and evidence // Cleve Clin J Med. – 2010. – №77.
4. Siegmeister E., Lucier A., Lee M. Three Points of View // Oxford University Press. – 1979.
5. Burak A., Brouse A., Castet J., From Biological Signals to Music // – 2013.



Чуднов Юрий Николаевич
Год рождения: 1985
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра машинного проектирования бортовой электронно-вычислительной аппаратуры,
группа № N4265
Направление подготовки: №11.04.03 – Конструирование и технология электронных средств
e-mail: chudnov85@gmail.com

УДК 681.518

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЦВЕТНЫХ ИНДИКАТОРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ю.Н. Чуднов
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.О. Жаринов

На борту современного летательного аппарата (ЛА) в качестве основного источника получения пилотажно-навигационной информации служат многофункциональные цветные индикаторы (МФЦИ) на базе жидкокристаллических экранов. Известная тенденция развития данного вида бортового электронного оборудования [1] говорит о том, что в перспективе несколько расположенных на приборной панели МФЦИ с небольшим размером экрана сможет заменить один индикатор с большим дисплеем. В этом случае возникнет потребность в средствах управления индикацией для таких МФЦИ. Выполненный анализ существующих органов управления индикацией показал, что одними из наиболее перспективных являются средства, базирующиеся на сенсорных технологиях. Последующее исследование сенсорных устройств позволило определить, что оптимальной технологией для применения на борту воздушного судна является оптическая.

Таким образом, объектом исследования стала сенсорная панель с массивом инфракрасных (ИК) оптических пар [2], которая приведена на рис. 1. Данное устройство состоит из: горизонтального и вертикального ряда ИК светодиодов 1; горизонтального и вертикального ряда фотодиодов 2; рамы 3, на которую монтируются оптические элементы. С помощью сфокусированного ИК излучения создается невидимая сетка 4, которая покрывает всю область экрана 5 и служит чувствительным органом для управления элементом индикации 6.

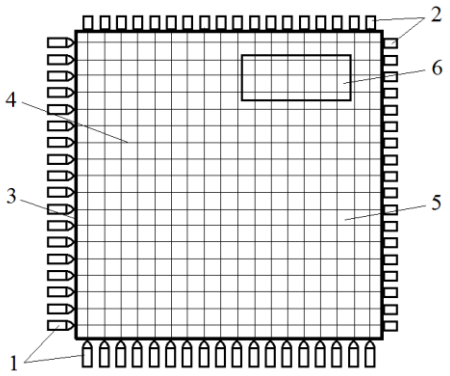


Рис. 1. ИК сенсорная панель

Для более достоверной оценки правильности выбора сенсорной панели был найден существующий прототип ИК сенсорной панели, [3] конструктивно отличающийся от исследуемого устройства. Сравниваемый орган управления имеет только один излучатель в виде поворотного оптического сканера. Это достаточно сложный элемент, кроме этого, он является единственным источником ИК света, что понижает его надежность, т.е. при выходе его из строя сенсорная панель работать не сможет. В то же время исследуемая сенсорная панель позволяет привязать к одному элементу индикации две оптические пары одного ряда, которые будут дублировать друг друга. Кроме этого, более простая конструкция исследуемой сенсорной панели упростит организацию их массового производства.

Излучателями исследуемой сенсорной панели являются стандартные ИК светодиоды. Такой источник ИК света отправляет не сфокусированный луч, а освещает определенную область. Следовательно, световой сигнал получит не только парный ему фотодиод, но и рядом расположенные с ним приемники. Для анализа этого фактора были проведены практические опыты. Работа выполнялась на специально собранном стенде, в состав которого вошли: генератор импульсов; источник питания; осциллограф; опытное функциональное устройство; позиционное поле. Позиционное поле представлено на рис. 2.

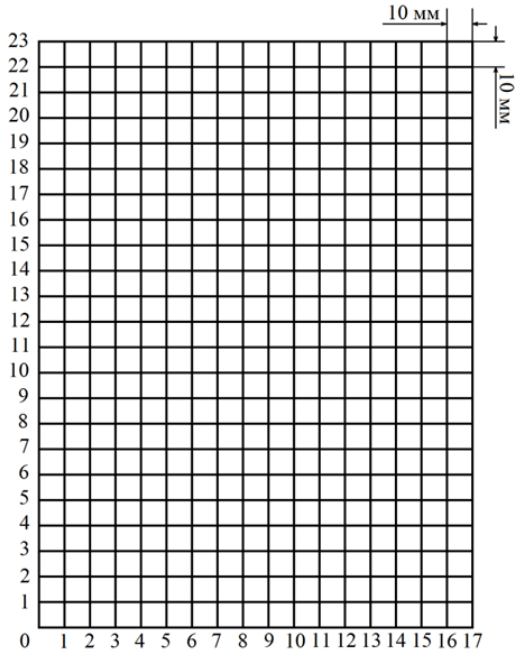


Рис. 2. Позиционное поле

Позиционное поле служило для имитации экрана МФЦИ, по периметру которого в разных точках устанавливались оптические элементы функционального устройства. Такой подход позволил минимизировать затраты на выполнение эксперимента.

По результатам опытов были получены данные количества принявших световой сигнал фотоприемников противоположного и перпендикулярного ряда относительно излучателю в зависимости от места его расположения на позиционном поле. На рис. 3 приведена гистограмма с общим количеством засвеченных ИК приемников на разных позициях размещения светодиода.

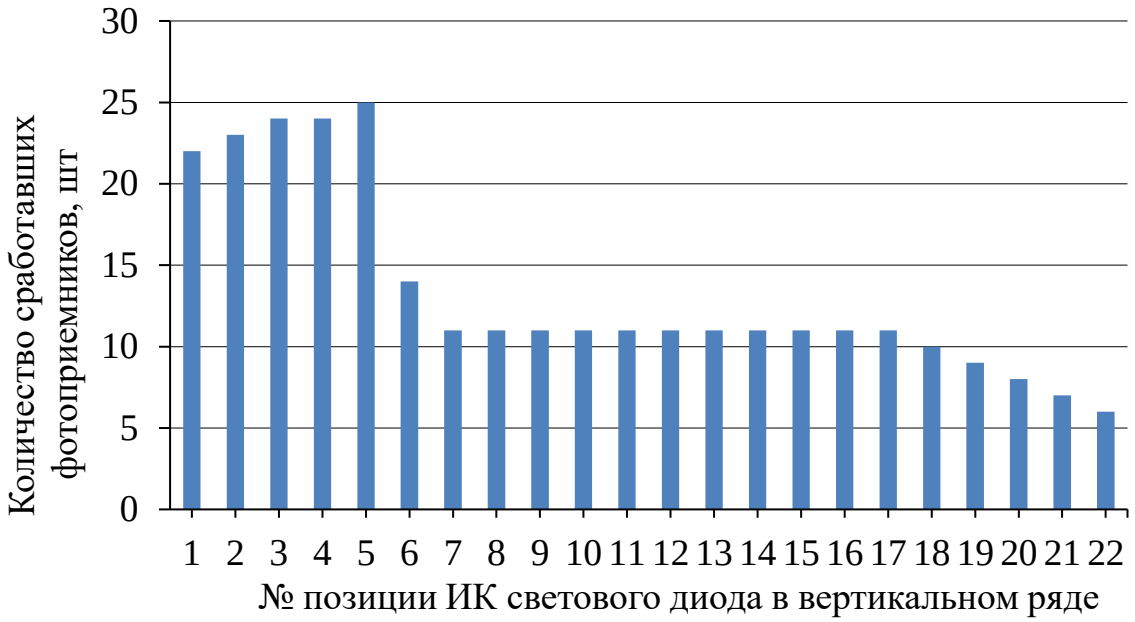


Рис. 3. Гистограмма зависимости количества сработавших фотоприемников горизонтального и вертикального ряда от места расположения ИК светодиода

Также был проведен опыт, в котором исследовалась реакция фотоприемника на появление препятствия на пути светового потока, исходящего от ИК излучателя. В этом случае световой сигнал не поступал в фотоприемник, следовательно, он может стать одним из значений координат места воздействия на экране МФЦИ.

Кроме этого, был выполнен эксперимент, где эмитировалось воздействие солнечного света на восприятие светового сигнала от излучателя фотоприемником. Для этой цели ИК приемник освещался рядом расположенной лампой накаливания. В этом случае фотоприемник не реагировал на световые импульсы излучателя, что говорит о невозможности использования ИК сенсорной панели в местах, не защищенных от солнечного света.

Помимо эмпирических исследований, в работе были выполнены расчеты по определению оптимального расстояния между фотодиодами одного ряда при условии, что на прикосновение к экрану должен отреагировать только один приемник одного ряда. Таким образом, промежуток между диодами с диаметром 3 мм не должен быть меньше 4 мм, для диодов с диаметром 5 мм, не менее 2 мм.

Для повышения оптических свойств сенсорной панели в работе были разработаны и проанализированы инженерные решения. Одно из них заключается в фокусировке ИК излучения с помощью оптических линз. В связи с этим возникает проблема с наличием хрупких элементов в составе этого устройства, т.к. они могут быть повреждены наличием вибрации на борту ЛА или при посадке на взлётно-посадочную полосу в момент удара. Кроме этого, возрастают массогабаритные параметры самой панели, что является негативным фактором при установке этого органа управления на ЛА.

Второе инженерное решение [4, 5] заключается в том, что с помощью специальной программы происходит определение истинного сигнала от фотоприемника, который является парным сработавшему излучателю, все остальные сигналы воспринимаются программой как ложные и не учитываются. В этом случае не требуются оптические линзы в составе сенсорной панели, следовательно, ее массогабаритные показатели не увеличиваются. К недостатку можно отнести необходимость в разработке программного алгоритма для работы сенсорной панели.

При программном способе светодиоды должны включаться в импульсном режиме. Необходимо чтобы последовательность срабатываний излучателей менялась

между рядами для избегания ситуации показанной на рис. 4. В этом случае, одновременная активация ИК светодиодов обоих рядов приведет к освещению фотодиодов, которые должны были быть затемнены в момент прикосновения к элементу индикации. Таким образом, координаты места воздействия не будут определены.

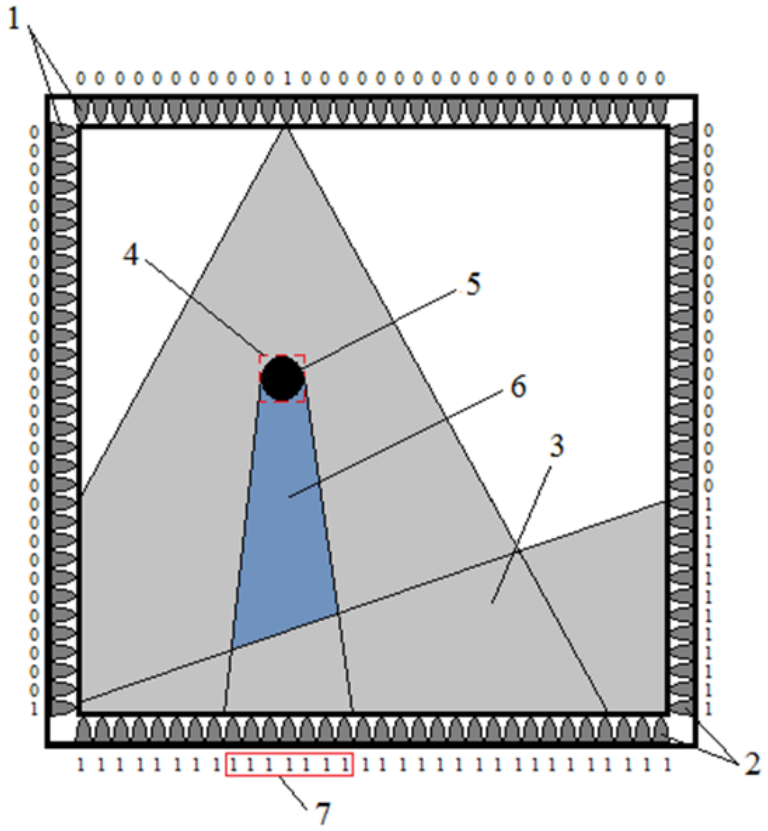


Рис. 4. Засветка фотодиодов горизонтального ряда ИК светодиодом вертикального ряда

Далее, после срабатывания светодиода происходит опрос фотодиодов. Если парный излучателю приемник получил световой сигнал, то это воспринимается программой как отсутствие воздействия на экран. Если же фотоприемник не принял световой сигнал, то он становится первым значением координат места воздействия. Таким образом, следом идущий ИК приемник другого ряда будет вторым значением координат. После этого полученные координаты сравниваются с координатами имеющихся в базе элементов индикации, при совпадении выполняется привязанная к этому элементу операция.

В проведенной работе были выявлены негативные факторы способные повлиять на работу ИК сенсорной панели. Полученные в ходе практических экспериментов результаты позволили определить наилучший режим работы для исследуемого сенсорного органа управления. Выполненные расчеты оптимального расстояния между фотоприемниками одного ряда были использованы при последующем расчете габаритов рамы сенсорной панели. Кроме этого, в данной работе были разработаны способы повышения оптических свойств ИК сенсорной панели с массивом оптических пар, из которых наилучшим был признан программный. В дальнейших исследованиях по этой теме требуется доработать алгоритм работы сенсорной панели с учетом применения ее на разносторонних экранах, а также найти решения по борьбе с негативным воздействие внешних источников света на работу панели.

Литература

1. Hopper D.G. 1000 X difference between current displays and capability of human visual system [Текст] // Proc. SPIE 4022. Cockpit Displays VII: Displays for Defense Applications / под ред. Hopper D.G. – SPIE Publications. – 2000. – С. 378–389;
2. Чуднов Ю.Н. Перспективное оптическое устройство для управления индикацией [Текст] / Ю.Н. Чуднов, Н.Н. Чуднова, И.Э. Шультайс, А.Х. Назаров // Высокие технологии в современной науке и технике: труды V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Томск: ТПУ, 2016. – С. 252–253;
3. Пат. 2534366 РФ, МПК G06F 3/042. Инфракрасная сенсорная панель, поддерживающая функцию мультитач [Текст] / Чой Дай-Кю.; патентообладатели АФО Ко., Лтд, Чой Дай-Кю. – № 2012105580/08, заявл. 27.04.2012; опубл. 27.11.2014, Бюл. №33. – 20с.: ил.;
4. Чуднов Ю.Н. Применение опто-электронных технологий для управления бортовым средством индикации [Текст] / Ю.Н. Чуднов [и др.] // Автоматизированные технологии и производства – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2017. – № 1(15). – С. 65–70;
5. Чуднов Ю.Н. Повышение энергоэффективности органа управления индикацией на базе опто-электронных технологий [Текст] / Ю.Н. Чуднов, А.В. Гурьянов, А.В. Шукалов, Н.Н. Чуднова // Современные технологии и материалы новых поколений: труды Международной конференции с элементами научной школы для молод.



Шатохина Дарья Дмитриевна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра маркетинга и коммуникаций,
группа № U4268
Направление подготовки: № 27.04.05 – Инноватика
e-mail: shatada@mail.ru

УДК 339.138

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ БРЕНДОВ ИНТЕЛЛЕКТОЕМКИХ СОБЫТИЙ

Д.Д. Шатохина
Научный руководитель – к.э.н., доцент Д.В. Соловьева

Среди все более и более растущего рынка товаров и услуг, окружающей современного человека со всех сторон рекламы и big data одним из немногих способов действительно завоевать доверие и привязанность к компании остается брендинг. Именно использование технологий брендинга позволяет не одноразово привлекать потребителя в рамках рекламной кампании, а делать его постоянным клиентом, выстраивая прочные, основанные на доверии и обмене опытом отношения. Наибольший эффект взаимодействия бренда и потребителя чаще всего достигается действительно при формировании позитивного опыта, наполненного эмоционально, что удобнее всего реализовать через создание события, где участники получают уникальный потребительский опыт, связанный с брендом, естественным путем, а воспоминания и яркие впечатления помогают ему запомниться надолго. Так как эмоции и персонализация в качестве трендов, по мнению экспертов, продолжают играть все большую роль, подобный подход через плотно ассоциирующийся с брендом уникальный опыт позволяет компаниям пробиться через иммунитет к традиционным видам рекламы и каналам коммуникаций и повысить лояльность потребителей. Все больше организаций сейчас используют мероприятия в качестве маркетингового инструмента, позволяющего увеличить доверие аудитории, сформировать привычки и расширить вовлеченность потребителей во взаимодействие с брендом [1 – 3].

В то же время одним из наиболее заметных социальных трендов в последние годы является рост интереса к науке и интеллектоемким отраслям. Это подтверждает увеличивающееся количество мероприятий и проектов в данных сферах, которые проводятся и поддерживаются и государством, и крупными информационными компаниями совместно с российскими вузами, и отдельными медийными организациями. Подобные проекты часто являются событийными в своей основе и, за исключением инициатив компаний, уже обладающих сильным брендом или специализирующихся в маркетинговой или близкой ей сфере, достаточно редко обладают проработанным брендом. Такая ситуация приводит к тому, что проблемы, характерные для новых event-проектов, усиливаются сложностью выхода на насыщенные интеллектоемкие рынки, остаются нерешенными и, как следствие, тормозят развитие интеллектоемких отраслей в целом. Одним из решений подобной ситуации, как было указано выше, может выступать событийный брендинг.

Учитывая активный рост рынка мероприятий, в том числе особенно интеллекто- и наукоемких событий, нельзя не отметить достаточно малое количество работ, исследующих принципы и методы формирования брендов подобных интеллектоемких event-проектов. Быстрое изменение форматов мероприятий, их непосредственная

трансформация под запросы и цели организаторов приводят к тому, что методика создания интеллектоемких событий, обладающих сильным брендом, остается малорассмотренной с научной точки зрения, в то время, как, например, большинство книг российских авторов сосредоточено на event-маркетинге, организационных вопросах и способах продвижения событий: Д. Румянцев, Н. Франкель «Event-маркетинг. Все об организации и продвижении событий», А. Шумович «Великолепные мероприятия», А. Шумович, А. Берлов «Смешать, но не взбалтывать: Рецепты организации мероприятий», А. Шумович, А. Берлов «Искусство проведения мероприятий» и т.д.

С учетом же указанной выше ситуации на рынке формирования событий, а также поддержки наукоемких отраслей государством и все более устойчивого интереса со стороны общества, стратегическое развитие мероприятий и компаний, основанных на event-проектах, без формирования целостного бренда может оказаться затруднительным из-за риска потери потребителей, не обладающих достаточной лояльностью к организации, а также из-за активного развития непосредственно интеллектоемких рынков и конкуренции на них.

Подводя итог, можно отметить, что актуальность данной выпускной квалификационной работы, нацеленной на изучение существующих на сегодняшний момент и формирование нового метода брендинга событий на интеллектоемких рынках, обоснована с теоретической точки зрения малой проработанностью данного вопроса в литературе российских авторов, преимущественно освещающих проблемы непосредственной организации событий, и необходимостью развития брендинга в интеллектоемких сферах в целом, а с практической точки зрения – увеличивающейся все больше потребностью как организаций, так и их клиентов в уникальных, персонализированных событиях в противовес традиционным каналам коммуникаций, а также большим ростом рынка событий и трендом на интерес к науке, интеллектоемким отраслям и развитию инноваций со стороны и общества, и государства.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка новых методов и развитие существующих методов формирования брендов интеллектоемких событий и апробация на примере проектов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- уточнить понятие интеллектоемкого события, исследовать типологию интеллектоемких событий;
- выявить особенности интеллектоемких событий и обосновать необходимость формирования брендов интеллектоемких событий;
- проанализировать существующие методы брендинга и выявить необходимые направления их развития применительно к интеллектоемким событиям;
- разработать метод формирования брендов интеллектоемких событий на основе развития и адаптации существующих методов;
- апробировать разработанный метод формирования брендов интеллектоемких событий на примере проектов, действующих на различных рынках.

Объектом в данной выпускной квалификационной работе выступили интеллектоемкие события, а также компании, специализирующиеся на разработке брендов интеллектоемких событий. Предметом выпускной квалификационной работы являются теоретические, методологические и прикладные вопросы, связанные с формированием брендов интеллектоемких событий.

Теоретической и методологической основой данной выпускной квалификационной работы являются разработки российских и зарубежных авторов в области организации мероприятий (Дж. Голдблатт, Д. Румянцев, Н. Франкель, А. Шумович, А. Берлов), маркетинга услуг (К. Сьюэлл, П. Браун), сервис-дизайна и CX-маркетинга (Э. Полайн, Т. Браун), маркетинга влияния (Р. Чалдини) и стратегического

бренд-менеджмента (К. Л. Келлер, А. В. Корзун, Ф. Котлер, Д. Аакер).

Научная новизна выпускной квалификационной работы заключается в следующем:

1. Обоснована актуальность формирования брендов событий на интеллектоемких рынках и развития методов брендинга в данной области.
2. Посредством применения ряда моделей товаров и брендов, а также разработки авторских моделей проанализирована специфика интеллектоемких событий как товаров особого рода, а также особенности брендов интеллектоемких событий и их жизненных циклов.
3. Предложены (уточнены) определения понятий «событие», «интеллектоемкое событие», «бренд интеллектоемкого события», «стратегия брендинга события».
4. Предложен и апробирован метод формирования брендов интеллектоемких событий, предполагающий сочетание технологий брендинга и управления потребительским опытом, а также включающий модели анализа и формирования идентичности событийных брендов и алгоритм формирования бренда.

Теоретическая значимость полученных результатов выпускной квалификационной работы заключается во вкладе в развитие методов событийного брендинга на интеллектоемких рынках, а также более глубоком изучении актуальности и специфики применения технологий брендинга на российских интеллектоемких рынках в целом.

Практическая значимость указанных выше результатов выпускной квалификационной работы включает в себя использование разработанного метода формирования брендов интеллектоемких событий, а также входящих в его состав алгоритма и авторских моделей брендинговыми, маркетинговыми, event-агентствами, а также внутренними отделами маркетинга компаний, использующими события также в качестве канала коммуникаций и действующими на интеллектоемких рынках.

Разработанный метод формирования брендов интеллектоемких событий, включает в себя соединение технологий брендинга и проектирования потребительского опыта, и применение их в сфере интеллектоемких событий, и находится в рамках концепций retention-маркетинга и маркетинга впечатлений. Подобное сочетание позволяет закладывать в событие необходимый потребительский опыт еще на этапе проектирования и затем контролировать его получение участниками мероприятия в процессе реализации. В предложенный метод входят авторские модели формирования и анализа идентичности событийного бренда, и алгоритм их последовательного использования.

Данный метод был апробирован в процессе написания выпускной квалификационной работы на трех практических кейсах, охватывающих различные стратегии событийного брендинга – моделирование инновационного бизнеса на рынке брендинга в Санкт-Петербурге, формирование нового бренда события с учетом мастер-бренда на рынке экспо-проектов и разработку стратегии управления портфелем брендов с учетом входящих в его состав суббрендов event-проектов на рынке образовательных услуг. В качестве апробационных данные рынки были выбраны с учетом растущей у компаний потребности в создании событий высокого уровня, а также общей интеллектоемкости данных сфер и актуальных социальных трендов – повышение интереса к досугу в музеях и на выставках, непрерывное обучение (life-long learning), заинтересованность в изучении науки и инновационных технологий.

Полученные в ходе работы результаты можно кратко обозначить так:

1. По итогам анализа зарубежной и российской литературы, а также исследования рынка брендинга Санкт-Петербурга, обоснована актуальность формирования

брендов событий на интеллектоемких рынках и развития методов брендинга в данной области.

2. Посредством применения ряда моделей товаров и брендов, а также разработки авторских моделей проанализирована специфика интеллектоемких событий как товаров особого рода, заключающаяся в уникальных характеристиках события как объекта брендирования, а именно ограниченном времени и месте, неповторимости участников и получаемого ими уникального опыта, а также рассмотрены особенности брендов интеллектоемких событий и их жизненных циклов.
3. На основе подробного анализа имеющихся зарубежных и российских источников предложены или доработаны определения понятий «событие», «интеллектоемкое событие», «событие в брендинге», «событийный бренд», «событийный брендинг», «стратегия брендинга события».
4. Разработана типология стратегий событийного брендинга, включающая три основных направления: стратегию формирования нового бренда события, стратегию расширения границ бренда события, стратегию формирования архитектуру портфеля брендов, и апробированы на практических кейсах две из них, наиболее часто требующиеся на интеллектоемких рынках.
5. Разработан и апробирован на практических кейсах в рамках таких интеллектоемких рынков, как рынок брендинга, музейной сферы и экспо-проектов, образовательных услуг и маркетинговых проектов, метод формирования брендов интеллектоемких событий, предполагающий сочетание технологий брендинга и управления потребительским опытом, а также включающий разработанные модели анализа события, его жизненного цикла, конкурентов, формирования идентичности событийных брендов, стратегических альтернатив и их оценки, и алгоритм формирования бренда.

С учетом практической апробации основных положений выпускной квалификационной работы можно сказать, что сформированный метод создания брендов интеллектоемких событий, включающий авторские модели анализа и формирования событийных брендов, и подробный алгоритм применения имеют положительные перспективы использования брендинговыми, маркетинговыми агентствами и внутренними отделами маркетинга крупных компаний, и оказывают влияние на развитие методов как брендинга на интеллектоемких рынках в целом, так и событийного брендинга в России в частности.

Литература

1. Аакер Д. Создание сильных брендов / Пер. с англ. – М.: Издательский Дом Гребенникова, 2003. – 340 с.
2. Корзун А. В. Архитектура брендов как стратегический подход к формированию стоимости портфеля брендов компании // Бренд-менеджмент. – 03 (28) 2006. – С. 24-35.
3. Шапошников В.А. Интеллектуальные услуги как категория в системе маркетинга. // Практический маркетинг – 2010. – № 5(159). – С. 4-13.



Шемигон Татьяна Николаевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: Shtn3008@mail.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА СВЕРХШИРОКОУГОЛЬНОГО ОБЪЕКТИВА ДЛЯ ВИДЕОКАМЕР ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО ОБЗОРА ЛЕТАТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Т.Н. Шемигон
Научный руководитель – к.т.н., доцент, О.В. Багдасарова

В работе проведён аналитический обзор сверхширокоугольных оптических систем для формирования изображения на фото и матричных приёмниках оптического излучения, разработанных в период с 70-х годов прошлого столетия до настоящего времени. Рассмотрены законы формирования изображения в таких системах. Разработан сверхширокоугольный объектив для видеокамер внутреннего и внешнего обзора летательного космического аппарата. Впервые определены в аналитическом виде зависимости изменения дисторсии сверхширокоугольных систем в пределах углового поля до полусферы.

Целью работы является создание оптической системы сверхширокоугольного объектива для видеокамер внутреннего и внешнего обзора летательного космического аппарата. Рассмотрение возможности представления дисторсии сверхширокоугольных систем в аналитическом виде в пределах углового поля до полусферы.

Современные тенденции развития технологий исследования космоса, управления транспортом, робототехники, медицинских приборов вывели на новый уровень потребность в сверхширокоугольных объективах с полем зрения в пределах до 180°.

Известно четыре закона формирования изображения. Как правило, реальные объективы не соответствуют в точности каждому закону формирования изображения.

В современных условиях сверхширокоугольные объективы для видеокамер внутреннего и внешнего обзора космических аппаратов требуют усовершенствования и их разработка является сложной и ответственной задачей.

Оптическая система должна удовлетворять следующим требованиям:

Объектив предназначен для проектирования изображения объекта в плоскость КМОП-матрицы с характеристиками:

- размер пикселя: 4,2 х 4,2мкм
- количество пикселей: 1280 х 720
- размеры матрицы: 5,38 х 3,02мм
- по диагонали: 6,17мм
- Относительное отверстие объектива D/f ′: 1/2 – 1/2,5

Угловое поле в пространстве объекта, град.:

– по диагонали: 110±3

– по горизонту: 87±3

– по вертикали: 57±3

- Рабочий спектральный диапазон: 400 – 900нм
- Глубина фокусировки в пространстве объекта: 200 – ∞ мм
- Длина объектива от первой поверхности до последней не более: 30±1мм
- Относительное падение освещённости для края поля изображения не более :10%
- Падение разрешающей способности на краю поля изображения, не более: 50%
- Коэффициент светопропускания в рабочем спектральном диапазоне не менее: 75%
- Номенклатура оптических стёкол в рамках ГОСТ 3514-94, ГОСТ 23136-93.
- Объектив должен иметь ирисовую апертурную диафрагму с возможностью ручной и электронной регулировки.
- В схеме объектива для наружной видеокамеры должны быть применены стёкла серии 100.

В сверхширокоугольных объективах формирование оптического изображения наблюдаемого пространства в плоскости изображения на светоприёмнике, в том числе и на ПЗС-матрице, происходит по законам зависимости от полевого угла (1):

$$y' = f'\omega \quad (1)$$

Синусным законам (2):

$$y' = f'\sin\omega \quad (2)$$

и (3)

$$y' = 2f'\sin(\omega/2) \quad (3)$$

В частности, об этом говорится в работах [1, 2, 3].

Для разработки сверхширокоугольного объектива, в качестве исходной была принята композиция, представленная в работе [3], созданная в Государственном оптическом институте имени С.И. Вавилова. Оптическая система, в которой зависимость образования изображения происходит по синусному закону (4):

$$y' = 2f'\sin(\omega/2) \quad (4)$$

выбрана, исходя из малых габаритов.

На (рис. 1) показан сверхширокоугольный объектив – оптическая система с фокусным расстоянием 1,96 мм, относительным отверстием 1:2,2 и угловым полем в пространстве предметов 205, длина оптической системы – 55,4 мм. Однако длина объектива превосходит требования, изложенные в техническом задании.

Проводились расчёты: первый этап – замена стёкол, второй этап – переход на требуемое фокусное расстояние с учётом размера матрицы и предполагаемой величины дисторсии, третий этап – переход на требуемую длину, четвёртый этап – выход на марки стёкол, которые имели бы 100 серию.

На (рис. 2) представлена схема рассчитанной системы. В отличие от исходной, рассчитанная система получилась в 2 раза меньшей длины; с разрешающей способностью в 3 раза большей при одинаковых значениях полевых углов. Применялись предпочтительные марки стёкол, как обычной, так и сотой серии (ТК14, ТК21, К8, ТФ5). В объективе были использованы отечественные материалы [4].

До сих пор в отечественных летательных космических аппаратах применяются объективы иностранного производства. Поэтому решить вопрос с импортозамещением было одной из важных задач исследования [4].

По результатам габаритного и аберрационного расчётов параметры рассчитанной системы, следующие: фокусное расстояние f′ = 3,54 мм; относительное отверстие D/f′ = 1:2,3; угловое поле 2ω = 111°; основная длина волны 550 нм; спектральный диапазон 400 – 900 нм; длина конструкции – 31,23 мм.

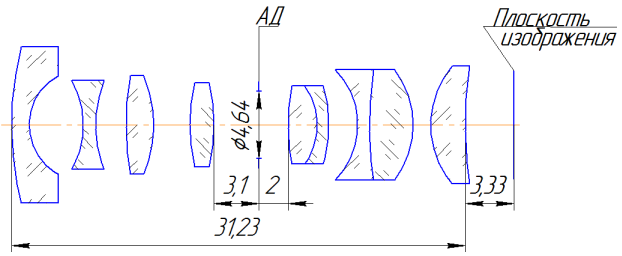


Рис. 1. Схема системы-аналога

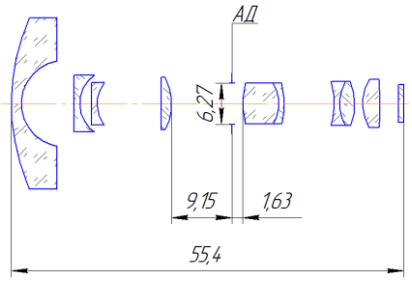


Рис. 2. Схема рассчитанной системы

Разработанная система универсальна, с точки зрения применимости её, как на борту космического аппарата, так и за его пределами. В ней использованы аналогичные марки стёкол серии 100.

Полученная система удовлетворяет требованиям технического задания. Поскольку, исходя из значений частотно-контрастной характеристики, имеем разрешающую способность для осевой точки – 120 лин/мм при контрасте 0,48, для зоны поля – 120 лин/мм при контрасте 0,4 и для края поля – 60 лин/мм при контрасте 0,4. Некоторое падение разрешающей способности системы для края поля вполне естественно и составляет 50 %, что соответствует среднестатистическим критериям, поскольку в особо широкоугольных системах это падение достигает величины 40 – 50 % [5].

Реальными системами хорошего качества, работающими в том числе и с ПЗС-матрицами, считаются системы, численная оценка требуемой разрешающей способности, которых производится при контрасте не ниже 0,4 для требуемой частоты.

В работе был выполнен анализ изменения дисторсии сверхширокоугольных систем в пределах углового поля до полусферы.

Для полученной оптической системы сверхширокоугольного объектива исследована и определена в аналитическом виде степенная зависимость изменения дисторсионных искажений в пределах углового поля до 180 °.

Выражение для определения дисторсии имеет следующий вид (5):

$$\Delta y' = y'_{гл} - y'_0 \qquad (5)$$

где $y'_{гл}$ = f ′ sinω, y'_0 = f ′ tgω.

Откуда(6)

$$\Delta y' = f'(\sin\omega - \mathrm{tg}\omega) \qquad (6)$$

или (7)

$$\Delta y' = f'(A_1\omega_i + A_2\omega_i^3 + A_3\omega_i^5 + \cdots + A_n\omega_i^{2n+1}) = \sum_{j=1}^{n} f'(A_j\omega_i^{2j+1}) \qquad (7)$$

Все расчёты и результаты вычислений дисторсии полученной оптической системы приведены в табл. 1. Обозначения, используемые в табл. 1:

Y′(0) – размер изображения из расчета хода лучей, мм; Δ – дисторсия из расчета хода лучей мм; Δ_1 – дисторсия из расчета по формуле (2), мм; δ – погрешность определения дисторсии, мм; $\delta\Delta y'$ – погрешность определения дисторсии, %.

Таблица 1

Зависимость дисторсии полученной системы от углового поля зрения

Угол поля зрения ω, град	Угол поля зрения ω, рад	Y′(0), из расчета хода лучей, мм	Δ, из расчета хода лучей, мм	Δ_1, расчет по формуле (2), мм	δ, мм	$\delta\Delta y'$, %	Наивысшая степень многочлена
1	2	3	4	5	6	7	8
5	0,087266	0,309	-0,0011	-0,0011	0	0	III
15	0,261799	0,918	-0,0298	-0,0317	-0,0019	6,57	III
25	0,436332	1,51	-0,143	-0,147	-0,004	2,82	III
35	0,610865	2,06	-0,415	-0,403	0,0115	-2,77	III
45	0,785398	2,58	-0,963	-0,989	-0,0267	2,77	V
55,5	0,968658	3,06	-2,09	-2,13	-0,0495	2,37	VII
65	1,134464	3,44	-4,15	-4,12	0,0295	-0,71	IX
75	1,308997	3,77	-9,43	-9,45	-0,0256	0,27	XIX
85	1,48353	4,01	-36,1	-24,31	11,79	-32,66	XIX
90	1,570796	4,1	-5591	-	-	-	выше

Данные табл. 1 позволяют сделать следующие выводы: от 0° до 40° дисторсия идёт по III порядкам зависимости от углового поля, от 40° до 55° до V порядков, от 55° до 65° до VII, от 65° до 70° до IX, от 70° до 75° до XIII, от 75° дисторсия растёт XIX При угловых полях 80° и 85° точное определение дисторсии происходит с учётом до XIX порядков с погрешностью 9% и 33% соответственно. От 85° скорость изменения дисторсии значительно возрастает.

Как видно, дисторсия в процентах не может быть больше 100%, а в абсолютной величине в десятки тысяч раз может превышать размер изображения.

Дополнительно на предмет определения степенной зависимости дисторсии от угла поля зрения была исследована система-аналог так же, как это было сделано для рассчитанной системы.

Формула для вычисления дисторсии в системе-аналоге имеет вид (8):

$$\Delta y' = (2f'\sin(\omega/2) - f'\mathrm{tg}\omega) = 2f'(\sin(\omega/2) - (1/2)\cdot \mathrm{tg}\omega) \quad (8)$$

$$\Delta y' = 2f'(A_1\omega_i + A_2\omega_i^3 + A_3\omega_i^5 + \cdots + A_n\omega_i^{2n+1}) = \sum_{j=1}^{n} 2f'(A_j\omega_i^{2j+1})$$

Дисторсия до величин полевого угла в пространстве предметов до 85 ° изменяется со скоростью более-менее разумной до XVII степени зависимости от полевого угла, а уже от 85 ° с погрешностью 13,69% растёт по XIX степеням и далее скорость изменения дисторсии значительно возрастает.

Исходя только из графика аберрации, достаточно сложно сказать, где и по каким порядкам происходит увеличение дисторсии. Расчёт же считается достаточно убедительным, так как используем полиномы высших порядков.

Вполне очевидно, что данный подход справедлив и для всей линейки сверхширокоугольных объективов.

Таким образом, был разработан сверхширокоугольный объектив для воспроизведения изображений объектов на матричных приёмниках, универсализированный для работы внутри и снаружи космического аппарата.

До настоящего времени исследования и определение аналитической зависимости изменения дисторсии от угла поля в широких пределах не проводились. Это сделано впервые.

Полученные выражения позволяют аналитически оценить ход изменения дисторсии в таких системах с разными законами формирования изображения от 3 до 19 порядков зависимости от углового поля в пространстве предмета.

Литература

1. Гончаренко Е.Н., Осипова Л.П., Томилин М.Г. Объективы для широкоугольной и панорамной съемки // ОМП, 1979, №1, С. 26–33.
2. Тарабукин В.В. Расчет особоширокоугольных фотографических систем //ОМП. 1974. №3. С. 29 – 32.
3. Беляков Г.Ф., Багдасаров А.А., Багдасарова О.В., Кузьмина Т.А. Исследование и оценка светораспределения в плоскости изображения сверхширокоугольных объективов для минивидеокамер с ПЗС-матрицей //ОМП. 2005. №3. С. 23 – 30.
4. Шемигон Т.Н., Багдасарова О.В. Тезисы доклада «Разработка широкоугольного объектива для видеокамер внутреннего и внешнего обзора летательного космического аппарата» // Сборник тезисов докладов VII Конгресса молодых ученых. Электронное издание, 2018.
5. Волосов Д.С. Фотографическая оптика. М.: Искусство, 1971. 672 с.



Шустов Илья Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и регулирования,
кафедра электротехники и прецизионных
электромеханических систем,
группа № Р4245
Направление подготовки: 13.03.02 – Электроэнергетика
и электротехника
e-mail: ivshustov7394@gmail.com

УДК 681.5.011

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УЧЕТОМ УПРУГО-ВЯЗКИХ СВЯЗЕЙ В МЕХАНИЗМЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОСЕЙ

И.В. Шустов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Толмачев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617026 «Технологии киберфизических систем: управление, вычисления, безопасность»

С развитием техники происходит повышение требований к точности воспроизведения электроприводом (ЭП) заданных законов движения. Особенно ярко это проявляются в следящем ЭП квантово-оптических станций (рис. 1).



Рис. 1. КОС «Сажен-ТМ»

Наведения оптической оси квантово-оптических станций (КОС) осуществляется ЭП, встроенным в исполнительные оси (ИО) опорно-поворотного устройства (ОПУ). Сеть КОС используются для определения параметров движения ракетно-космической и авиационной техники, поиска космического мусора, осуществления контроля координатно-временного обеспечения ГЛОНАСС и для решения других важных задач навигации и геодезии [1].

К точности позиционирования оптической оси КОС предъявляются жесткие требования. Для их выполнения система управления (СУ) ЭП должна иметь как можно более высокое быстродействие. Однако быстродействие СУ ЭП приходится ограничивать из-за наличия у механизмов ИО ОПУ упругих связей и момента сухого трения [1].

Известно много способов построения СУ для следящего ЭП КОС, однако на практике широкое распространение получила трехконтурная СУ, замкнутая по координатам двигателя [2-3]. Её достоинствами являются простота и определенность выбора параметров регуляторов, простота наладки СУ на реальном объекте и удобство ограничения внутренних координат. Известная методика синтеза трехконтурной СУ ЭП КОС предполагает расчет параметров регуляторов по известным параметрам энергетической подсистемы и позволяет получить настройки контуров регулирования СУ близкие к стандартным [3]. К её недостаткам можно отнести пренебрежение при расчете параметров регуляторов внутренним вязким трением механизмов ИО, а также принципиальную нереализуемость максимально возможного быстродействия для трехконтурной СУ. Исправление этих недостатков позволит усовершенствовать методику и повысить точность слежения в системах, синтезированных с её использованием.

Трехконтурная СУ (рис. 2) состоит из контура регулирования момента, контура регулирования скорости, который условно можно разделить на внутренний (выделен цветом) и внешний, и контура регулирования угла поворота.

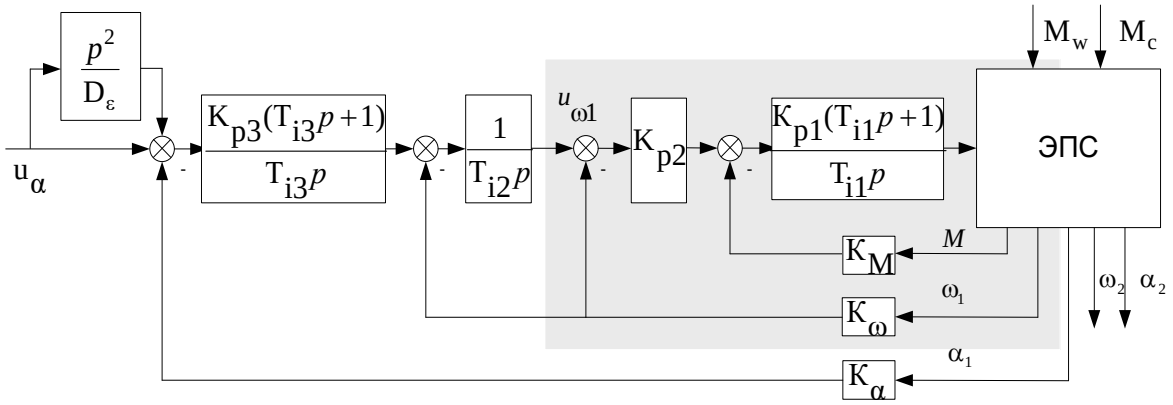


Рис. 2. Структурная схема системы управления

На (рис. 2) введены следующие обозначения: u_α – требуемый угол поворота, $u_{\omega 1}$ – сигнал задания для внутреннего контуров регулирования скорости, K_{p1} и T_{i1}, K_{p2} и T_{i2}, K_{p3} и T_{i3} – коэффициенты передачи и постоянные интегрирования регуляторов момента, скорости и угла поворота соответственно, K_M, K_ω, K_α – коэффициенты датчиков момента, скорости и угла, M, M_w, M_c – моменты двигателя, ветровой нагрузки и сухого трения, ω_1, α_1 и ω_2, α_2 – скорости и углы поворота ротора двигателя и трубы телескопа соответственно.

Разбиение скоростной подсистемы на два контура необходимо для придачи системе астатизма первого порядка по возмущению. Для повышения порядка астатизма по заданию в СУ вводится разомкнутый канал. Все контура регулирования СУ настраиваются стандартно по методу последовательной коррекции. Исключение составляет внутренний контур регулирования скорости. Для разработки методики его настройки необходимы модели механизмов ИО.

Как правило, механизмы ИО ОПУ КОС могут быть представлены двухмассовыми кинематическими схемами. В этом случае передаточные функции (ПФ), связывающие момент и скорости масс механизма (1), принимают вид (2):

$$\frac{\omega_1(p)}{M(p)} = \frac{1}{J_\Sigma p}\frac{\gamma T_y^2 p^2 + T_d p + 1}{(T_y^2 p^2 + T_d p + 1)}, \qquad (1)$$

$$\frac{\omega_2(p)}{\omega_1(p)} = \frac{T_d p\ +1}{\gamma T_y^2 p^2\ + T_d p\ +1}, \tag{2}$$

где J_1 и J_2 – моменты инерции двигателя и трубы телескопа, c_{12} и k_{12} – коэффициенты жесткости и демпфирования упруговязкой связи, постоянные времени упругих колебаний и демпфирования (3):

$$T_y = \sqrt{\frac{J_2}{c_{12}\gamma}},\ T_d = \frac{k_{12}}{c_{12}}\ \text{и}\ \gamma = \frac{J_\Sigma}{J_1} = \frac{J_1+J_2}{J_1}. \tag{3}$$

Структурная схема внутреннего контура скорости приведена на (рис. 3).

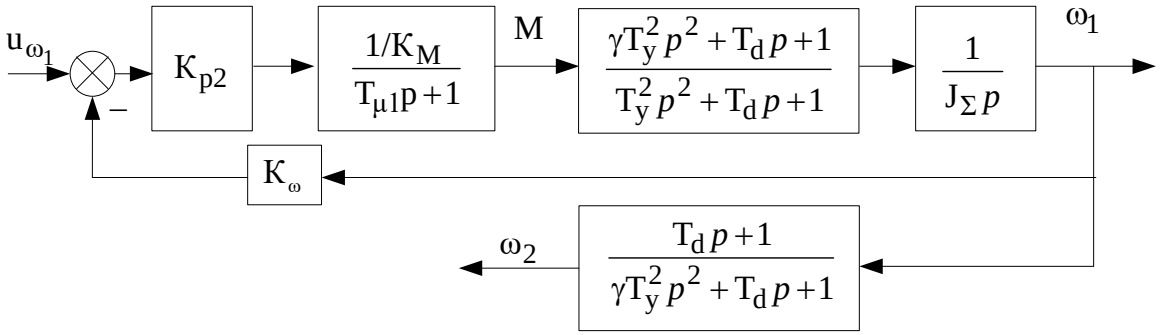


Рис. 3. Структурная схема внутреннего контура регулирования скорости

Т.к. СУ имеет подчиненную структуру, её быстродействие зависит от быстродействия внутреннего контура регулирования скорости. Вместе с тем с повышением быстродействия внутреннего контура регулирования скорости будет возрастать перерегулирование его переходной характеристики. Известно, что в подчиненных СУ при настройки каждого внешнего контура регулирования возможность аппроксимации внутреннего контура эквивалентным апериодическим звеном существует тогда, когда переходная характеристика последнего имеет незначительное перерегулирование. Т.о., необходимо разработать методику, позволяющую настраивать внутренний контур регулирования скорости с максимальным быстродействием при перерегулировании не больше заданного.

ПФ замкнутого внутреннего контура регулирования скорости без учета динамики контура регулирования момента можно представить, как

$$\frac{\omega_1(p)}{u_{\omega 1}(p)} = \frac{\gamma\ T_r^2 p^2 + T_d p + 1}{\frac{J_\Sigma T_r^2 K_M}{K_{p2} K_\omega} p^3 + \frac{T_d J_\Sigma K_M + K_{p2} T_r^2 K_\omega \gamma}{K_{p2} K_\omega} p^2 + \frac{J_\Sigma K_M + T_d K_{p2} K_\omega}{K_{p2} K_\omega} p + 1}. \tag{4}$$

Если в (3) ввести $p = \omega_0 \tilde{p}$, где ω_0 среднегеометрический корень (СГК)

$$\omega_0 = \sqrt[3]{\frac{K_{p2} K_\omega}{J_\Sigma T_r^2 K_M}} = \sqrt[3]{\frac{K_{p2} \Omega_r^2 K_\omega}{J_\Sigma K_M}}, \tag{5}$$

то соответствующее ПФ (3) характеристическое уравнение (ХУ) примет вид

$$D(\tilde{p}) = \tilde{p}^3 + a_1 \tilde{p}^2 + a_2 \tilde{p} + 1 = (T_1 \tilde{p} + 1)(T_2^2 \tilde{p}^2 + 2\xi T_2 \tilde{p} + 1) \tag{6}$$

где a_1 и a_2 рассчитываются, как (6) и (7):

$$a_1 = \frac{T_d J_\Sigma K_M + K_{p2} T_r^2 K_\omega \gamma}{K_{p2} K_\omega} \left(\frac{K_{p2} K_\omega}{J_\Sigma T_r^2 K_M}\right)^{2/3} = \gamma \left(\frac{K_M J_\Sigma \Omega_r}{K_\omega K_{p2}}\right)^{-2/3} + T_d \left(\frac{K_M J_\Sigma \Omega_r^4}{K_\omega K_{p2}}\right)^{1/3}, \quad (7)$$

$$a_2 = \frac{J_\Sigma K_M + T_d K_{p2} K_\omega}{K_{p2} K_\omega} \left(\frac{K_{p2} K_\omega}{J_\Sigma T_r^2 K_M}\right)^{1/3} = \left(\frac{K_M \Omega_r J_\Sigma}{K_\omega K_{p2}}\right)^{2/3} + T_d \left(\frac{K_M K_{p2} \Omega_r^2}{K_\omega J_\Sigma}\right)^{1/3}. \quad (8)$$

Коэффициент K_{p2} пропорционален СГК (5), а, следовательно, быстродействию и обратно пропорционален параметру затухания ξ ХУ (6). В соответствие параметру ξ можно поставить перерегулирование σ табл. 1.

Таблица 1

Зависимость перерегулирования от параметра затухания.

ξ	1	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3/8}$	1/2
σ, %	0	4.3	8.8	16.3

Т.о., требуется найти взаимосвязь между коэффициентом K_{p2} и параметром ξ. Такая связь была найдена. ХУ (6) можно разложить на множители:

$$\tilde{p}^3 + a_1 \tilde{p}^2 + a_2 \tilde{p} + 1 = (\tilde{p} + \alpha)(\tilde{p} + \beta + j\omega)(\tilde{p} + \beta - j\omega), \quad (9)$$

где α и β ± jω - вещественный и комплексно-сопряженный корни ХУ.

Вводя понятие степени колебательности $\mu = \omega/\beta$, приведём (9) к виду:

$$\tilde{p}^3 + a_1 \tilde{p}^2 + a_2 \tilde{p} + 1 = (\tilde{p} + \alpha)(\tilde{p} + \beta + j\beta\ \mu)(\tilde{p} + \beta - j\beta\ \rightleftarrows \mu). \quad (10)$$

Раскрывая скобки в правой части уравнения (10) и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях $\tilde{p}$, получим систему уравнений

$$\begin{cases} a_1 = 2\beta + \alpha, \\ 1 = \alpha\beta^2(1 + \mu^2), \\ a_2 = 2\alpha\ \beta + \beta^2(1 + \mu^2). \end{cases} \quad (11)$$

Из системы (11) можно исключить вещественный корень α:

$$\begin{cases} a_1 = 2\beta + \frac{1}{\beta^2(1+\mu^2)}, \\ a_2 = \frac{2\ \beta}{\beta^2(1+\mu^2)} + \beta^2(1 + \mu^2) \end{cases} \quad (12)$$

Систему уравнений (11) можно упростить, осуществив замену $\mu = \sqrt{1 - \xi^2}/\xi$:

$$\begin{cases} a_1 = 2\beta + \frac{\xi^2}{\beta^2}, \\ a_2 = \frac{\beta^2}{\xi^2} + \frac{2\xi^2}{\beta} \end{cases} \quad (13)$$

Подставляя в систему уравнений (12) выражения для a_1 и a_2 (6-7), получим:

$$\begin{cases} \gamma\left(\frac{K_M J_\Sigma \Omega_r}{K_\omega K_{p2}}\right)^{-2/3} + T_d\left(\frac{K_M J_\Sigma \Omega_r^4}{K_\omega K_{p2}}\right)^{1/3} = 2\beta + \frac{\xi^2}{\beta^2}, \\ \left(\frac{K_M \Omega_r J_\Sigma}{K_\omega K_{p2}}\right)^{2/3} + T_d\left(\frac{K_M K_{p2} \Omega_r^2}{K_\omega J_\Sigma}\right)^{1/3} = \frac{\beta^2}{\xi^2} + \frac{2\xi^2}{\beta}. \end{cases} \quad (14)$$

Если параметры энергетической системы K_M, K_ω, J_Σ, Ω_r, T_d и γ и параметр затухание ξ заданы, то в системе (13) остается только два неизвестных параметра: K_{p2} и β. Действительную часть комплексно-сопряженных корней β ХУ (5) можно выразить через параметры энергетической подсистемы и коэффициент K_{p2} при помощи формулы Кардано. При $\xi \in (0;1)$ дискриминант ХУ (5) будет больше нуля. В этом случае зависимость $\beta(K_{p2})$, может быть найдена как

$$\beta(K_{p2}) = -\frac{x(K_{p2})+y(K_{p2})}{2} - \frac{a_1(K_{p2})}{3}, \quad (15)$$

$$x(K_{p2}) = \sqrt[3]{\left|-\frac{q(K_{p2})}{2} - \sqrt{D(K_{p2})}\right|}\,\mathrm{sign}\left(Re\left(-\frac{q(K_{p2})}{2} - \sqrt{D(K_{p2})}\right)\right), \quad (16)$$

$$y(K_p2) = \sqrt[3]{|-(q(K_p2))/2+\sqrt{(D(K_p2))}|}\ \text{"sign"}\ (Re(-(q(K_p2))/2+\sqrt{(D(K_p2))})), \quad (17)$$

$$D(K_p2)=(p(K_p2)\text{^}3)/27+(q(K_p2)\text{^}2)/4, \quad (18)$$

$$p(K_p2)=(3a_2\ (K_p2)-a_1\ (K_p2)\text{^}2)/3, \quad (19)$$

$$q(K_p2)=(2a_1\ (K_p2)\text{^}3-9a_1\ (K_p2)a_2\ (K_p2)+27)/27 \quad (20)$$

Система (14-20) позволяет по известным параметрам энергоподсистемы и по заданному параметру затухания рассчитывать коэффициент передачи П-регулятора внутреннего контура скорости K_{p2}. Т.к. быстродействие внутреннего контура регулирования скорости пропорционально коэффициенту K_{p2}, то среди решений системы уравнений (14-20) необходимо выбирать большее.

Настройка внутреннего контура регулирования скорости при $\xi \in [1/2;1)$ позволяет аппроксимировать его эквивалентным апериодическим звеном с постоянной времени

$$T_\phi = \frac{K_M J_\Sigma}{K_\omega K_{p2}}. \quad (21)$$

Графической интерпретацией разработанной методики является диаграмма Вышнеградского [2].

Для подтверждения корректности разработанной методики было произведено имитационное моделирование СУ, синтезированной с её использованием в качестве исходных данных принято техническое задание (ТЗ) на разработку ЭП угломестной оси КОС «Стажер-2 ОПУ ЛИК» (табл. 2).

Таблица 2

Выдержка из ТЗ на КОС «Стажер-2 ОПУ ЛИК»

Максимальная скорость вращения, °/с	5
Максимальное ускорение, °/с^2	3
Нижняя граница скоростей плавного слежения, ”/с	5
СКО при скоростях слежение ниже 5 ”/с, ”	2

Параметры механизма угломестной оси, а также выбранного электродвигателя и звена постоянного тока приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры энергоподсистемы привода КОС «Стажер-2 ОПУ ЛИК

J_1, кгм^2	J_2, кгм^2	c_{12}, Нм/рад	k_{12}, Нмс/рад	M_c, Нм	$M_{w.max}$, Нм	$R_ф$, Ом	T_e, мс	C_m, Нм/Arms	C_e, В/рад/с	U_{DC}, В
3	520	4.4×10^8	7×10^4	260	130	1.9	6.8	36	29.4	72

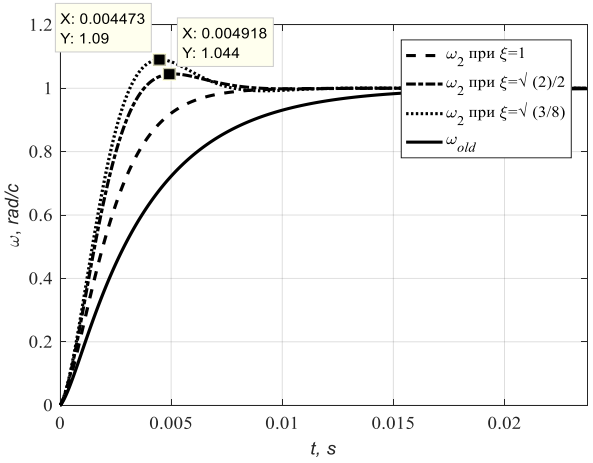


Рис. 4. Переходные характеристики

На рис. 4 сплошной кривой представлена переходная характеристика внутреннего контура регулирования скорости, настроенного по методике . Прерывистые переходные характеристики соответствуют внутреннему контуру регулирования скорости, настроенному по разработанной методике с различными значениями параметра затухания. Значения перерегулирования полученных характеристик с высокой точностью совпадают с заданными значениями (табл. 1). Также по рис. 4 видно, что предлагаемая методика позволяет повысить быстродействие внутреннего контура регулирования скорости [3]. Это приводит к повышению быстродействия СУ в целом, что в свою очередь должно позволить уменьшить ошибки слежения в типовых режимах работы ЭП КОС.

На рис. 5а и рис. 5б представлены графики ошибок слежения в режиме стояния и режиме равномерной заводки со скоростью 5”/с соответственно.

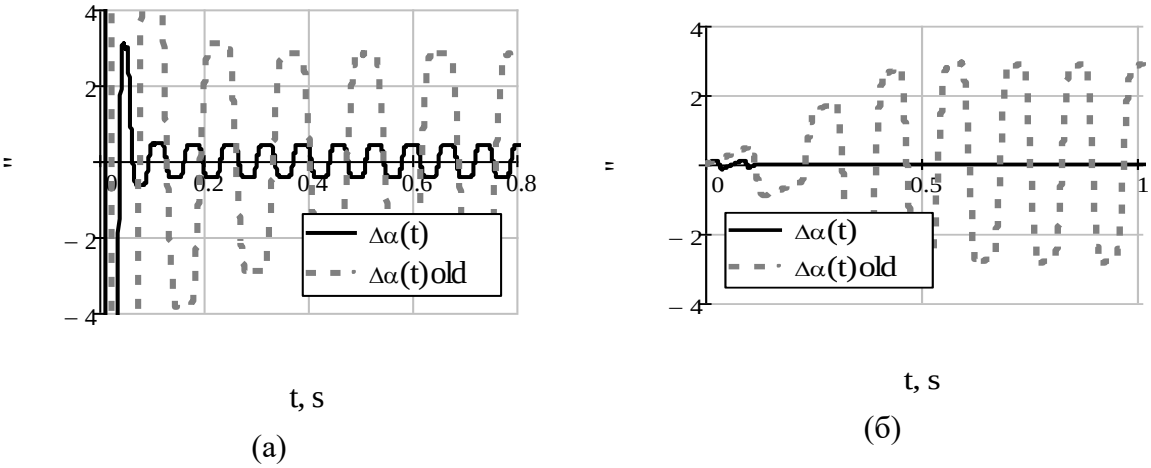


Рис. 5. Переходные процессы в трехконтурной СУ

Сплошные кривые соответствуют графикам ошибок слежения в системе, синтезированной по разработанной методике при $\xi=\sqrt{3/8}$, а пунктирные кривые – графикам ошибок слежения в системе, синтезированной по методике [3]. В режиме стояния СКО удалось уменьшить более чем 8 раз (рис. 5а), при этом нижний предел скоростей плавного движения удалось снизить до 5”/с (рис. 5б), что и требовалось по условиям ТЗ.

Основным результатом настоящей работы является разработка новой методики синтеза трехконтурной СУ. Методика позволяет рассчитывать параметры регуляторов с учетом внутреннее вязкого трения механизма, а также предъявляемых к СУ технических требований, сводящихся к обеспечению предельно достижимого быстродействия. Обосновано принятия в качестве косвенной характеристики технических требований параметра затухания внутреннего контура регулирования скорости. Корректность и эффективность разработанной методики подтверждена результатами имитационного моделирования СУ ЭП КОС «Стажер-2 ОПУ ЛИК».

Литература

1. В.Н. Васильев, В.С. Томасов, В.Д. Шаргородский, М.А. Садовников. Состояние и перспективы развития систем прецизионного электропривода комплексов высокоточных наблюдений космических объектов // Изв. Вузов. Приборостроение, 2008 № 6. – С. 5-12.
2. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – СПБ: Энергоатомиздат, 1992. –288 с.
3. Толмачев В.А., Никитина М.В., Сергеева М.Е. Синтез системы управления электропривода азимутальной оси Алтайского телескопа ТИ-3.12. Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – Т. 10, – Вып. 5, – С. 39-43.



Щеглова Александра Егоровна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности, группа № Т4250
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail: alex.shcheglova@gmail.com



Динкелакер Наталья Владимировна
Год рождения: 1975
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru

УДК 504.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ОТХОДОВ НА КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ

А.Е. Щеглова, Н.В. Динкелакер
Научный руководитель – к.х.н., доцент О.В. Петрова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В исследовании проведен сбор и анализ данных о существующем состоянии и планируемой реконструкции полигона твердых отходов «Северная Самарка» (далее - Полигон). На основании полевого исследования экологического состояния различных природных комплексов вокруг Полигона выявлены основные виды негативного воздействия существующего полигона на природные, трансформированные экосистемы прилежащих территорий и селитебную зону (садоводства). Проведено исследование распространения тяжелых металлов в почвенно-растительном комплексе участков, расположенных вокруг Полигона. Проведено исследование содержания основных катионов и анионов, КПАВ, АПАВ и нефтепродуктов в водных объектах вокруг Полигона. На основе полученных полевых и лабораторных данных проведена оценка ожидаемого влияния расширения Полигона на природные экосистемы и агроценозы.

Объектом данной работы стал полигон строительных отходов «Северная Самарка», расположенные во Всеволожском районе Ленинградской области. В настоящее время Полигон эксплуатируется организацией ЗАО «Промотходы» на площади 61 га, существующий террикон занимает 33 га при высоте 49 м. Террикон огражден дамбой обвалования и кольцевым каналом. Противофильтрационные экраны отсутствуют. На полигоне принимаются коммунальные отходы, строительные и промышленные отходы 3-5 классов опасности. Строительные и промышленные отходы составляют 80 % от всех принимаемых отходов; коммунальные и бытовые – 20 % [1]. Границы СЗЗ в 500 метров нарушены, и ближайшая жилая застройка находится в 240 метрах от границ полигона.

Ёмкости полигона практически исчерпаны, в связи с чем эксплуатирующей организацией ЗАО «Промотходы» предлагается проект расширения полигона на неосвоенные территории с приближением к селитебной зоне [1]. Расчетный объем размещаемых отходов после проведения реконструкции: первая очередь 12 740 000 м^3, 2-я очередь – 33 800 000 м^3. Срок эксплуатации для первой очереди 8 лет, 2-й очереди 22 года.

В рамках исследования в июле 2017 года был проведен полевой осмотр местности, в ходе которого были сделаны следующие основные наблюдения: устройство полигона вызвало сильное заболачивание местности, распространяющееся на территорию садоводства; распространение свалочных газов заметно на территории садоводства по запаху; практически полностью отсутствуют лишайники на территории между полигоном и садоводством, что скорее всего связано с распространение загрязняющих веществ по воздуху; замечен повышенный уровень шума, создающий фактор беспокойства для птиц и животных; отмечена повышенная гибель лесных деревьев; состояние лесных участков оценивается, как природное, но находящееся под значительным антропогенным воздействием со стороны полигона; экосистемы обеднены видами; в краевой части произошла естественная динамика замещения хвойных пород деревьев мелколиственными.

Территория отбора проб вокруг полигона была поделена на 8 зон по территориальному признаку в сочетании с особенностями почво-растительного покрова и увлажненности почвы, то есть каждая зона представляет собой отдельную экосистему (рис. 1).

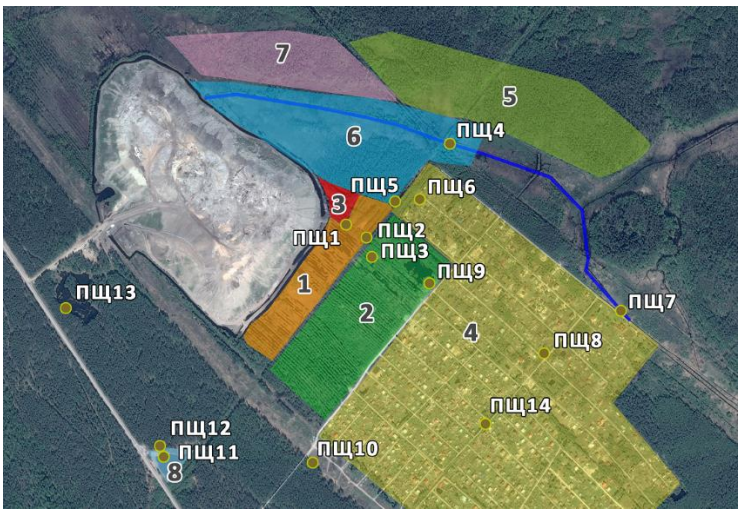


Рис. 1. Карта территориальных зон и точек отбора проб почвы
1 – торфоразработки; 2 – заболоченный лес; 3 – гребень; 4 – сад; 5 – старый лес;
6 – долина ручья; 7 – лес северный; 8 – карьер южный

Для исследования содержания тяжелых металлов в почве рентген-флуоресцентным методом было взято 5 объединенных, 14 точечный проб и более 15 проб почв, снятых с корней и ризоидов растений. Для сравнения результатов были взяты верхние границы региональных фоновых концентраций (далее – ФК) [2]. В точках ПЩ1, ПЩ2, ПЩ3, и ПЩ12 выявлены превышения по содержанию свинца от 2 до 9 ФК; в тех же точках превышено содержание цинка – от 1,1 до 27 ФК. Во всех пробах фиксируется превышение содержания мышьяка – от 1 до 14 ФК. Концентрации меди превышены в ПЩ2, ПЩ4, ПЩ 12 – от 1,1 до 109 ФК, также замечены превышения по содержанию ванадия в точках отбора, взятых на территории садоводств и в ПЩ12. Интересным является обнаруженные повышенные концентраций в лесной почве возле карьера (точка

ПЩ12), повышенные концентрации металлов ожидались в почве возле северного карьера (ПЩ13), так как он находится у подъездной дороги к полигону.

Был произведен сравнительный анализ средних содержаний металлов в территориальных зонах. Так же наблюдаются превышения содержания цинка и мышьяка почти во всех зонах и превышение содержания свинца в торфоразработках, долине ручья и южном карьере (таблица). Отмечается, что среди всех проб было четыре, в которых были обнаружены «аномально» высокие содержания металлов и все они были отобраны в зоне «гребень», то есть у самого полигона, либо близко к ней, но в этой зоне также были отобраны образцы с низким содержанием металлов.

В целом полученные результаты указывают на мозаичный характер загрязнения почв вокруг полигона, что осложняет выявление и анализ их миграционных потоков и шлейфа загрязнений.

Таблица

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах, мг/кг воздушно-сухого веса

Зона	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	V
ПДК по [3]	–	32,0	2,0	23,0	4,0	5,0	150,0
Верх. гр. ФК [2]:	283	44	6	70	30	7	30
Торфоразработки	81	49,5	22,5	82	13	3,5	3
Гребень	181	22,6	11,2	77,2	23,5	13,6	6,5
Долина ручья	153,2	50,8	16,7	165	21,8	4	22,5
Заболоченный лес	104,5	23,7	12,5	143,3	12,2	8,3	8,3
Сад	183,7	23,4	10,5	55,2	9,7	2,2	20,4
Старый лес	54,7	15,7	8	91,3	9,7	3	5
Карьер	152,4	46,2	16,2	162,4	25,8	5	20,6

Было исследовано содержание тяжелых металлов в растениях, произрастающих вокруг полигона рентген-флуоресцентным методом. Всего было отобрано и подготовлено 145 проб растений. Для сравнительного анализа растения были поделены на группы по двум признакам – по принадлежности к экологической группе (погруженные, прибрежно-водные, луговые, сорные и лесные) и по жизненной форме (древесные, кустарничковые, наземные травы, водные травы и мхи). В среднем в наибольшие средние концентрации стронция, свинца, железа, марганца, хрома и титана наблюдаются в погруженных растениях; в сорных растениях – цинка и никеля; в лесных – мышьяка. По жизненной форме: в водных травах обнаруживается наибольшая средняя концентрация стронция, никеля, железа, марганца; во мхах – свинца, мышьяка и титана; в древесных –цинка; в кустарничковых – хрома. По результатам этого сравнительного анализа выделены две основных особенности: в погруженных/водных растениях концентрация железа на 50% выше, чем в следующей по концентрации группе, это вероятно объясняется загрязнением железом воды, а не почвы; концентрация цинка в листьях растений древесных видов в среднем выше более, чем на 50% по сравнению с другими жизненными формами, а среди экологических групп по содержанию цинка преобладают сорные растения. Также отдельные виды сорных растений показали накопление высоких концентраций цинка без потери жизнеспособности и способности к росту, а именно: полынь (1091 мг/кг), сурепка (792 мг/кг), клевер розовый гибридный (643 мг/кг).

Был вычислен коэффициент биологического накопления (КБН) по Перельману [4] для каждой группы растений и каждая группа классифицирована по шкале оценки: I (КБН=10-100) – энергично накопляемые; II (КБН=1-10) – сильно накопляемые; III (КБН=0,1-1,0) – слабого накопления или среднего захвата, IV (КБН=0,01-0,1) – слабого

захвата, V (КБН=0,001-0,01) – очень слабого захвата [4]. В среднем все группы растений показали среднюю интенсивность накопления тяжелых металлов, т.е. относятся к растениям слабого накопления или среднего захвата (III группа), за исключением цинка – по цинку идет интенсивное накопление у большинства групп растений, и они относятся к сильно накопляемым (II группа).

Полученные данные также свидетельствуют о повышенной концентрации цинка в системе почва-растение. С учетом плотности и площади зарослей исследованных растений вокруг полигона можно говорить о том, что растительность вносит огромный вклад в самоочистку почвенного покрова и вод от избыточных содержаний тяжелых металлов.

Было отобрано и исследовано 11 проб воды, карта отбора изображена на рис. 2. Содержание катионов и анионов измерялись методом капиллярного электрофореза, содержание АПАВ, КПАВ и нефтепродуктов измерялись флуориметрическим методом. Обнаружены сильные превышения ПДК в воде по аммоний-иону – 373,7 ПДК в кольцевом канале полигона (ВЩ1), 1,8 ПДК в болоте между полигоном и бывшей узкоколейной железной дорогой (ВЩ2), 7,9 ПДК в болоте между бывшей узкоколейной железной дорогой и садоводствами (ВЩ3), 6,3 ПДК в ручье (ВЩ4) и 40 ПДК в пруду возле садоводств (ВЩ8) [5]. Наличие высоких концентраций аммоний-иона говорит о постоянном поступлении жидких или пастообразных биологических отходов на полигон и поступление этих загрязнений в окружающие водные объекты. Низкие содержания нитратов в этих точках при высоких концентрациях аммоний-иона также свидетельствует о замедлении процессов нитрификации в загрязненных биологическими отходами водах.



Рис. 2. Карта отбора проб воды

Обнаружены превышающие ПДК концентрации нефтепродуктов в заболоченной области между полигоном и селитебной зоной (1,3-1,6 ПДК). ПАВы присутствуют, как загрязнитель, но в концентрациях, не превышающих допустимые. В исследованных грунтовых водах исследованные химические показатели находятся в норме. В случае с ПАВами, как и с анионами и катионами отмечается высокое содержание загрязнителей в пруду возле селитебной зоны (ВЩ8), по сравнению с другими, даже более территориально близкими к Полигону водными объектами, это свидетельствует о существовании загрязненного поверхностного или подземного водотока от сточных вод полигона в сторону этого пруда (а также в сторону ручья). Вероятно, данный пруд сообщается с водоносным слоем, проходящим под полигоном в этом направлении. В ручье также обнаруживаются загрязняющие вещества в повышенных, по сравнению с

фоновой и ПДК, концентрациях, однако в пробе ниже по течению их концентрации низки, что может свидетельствовать о естественной очистке ручья благодаря водной, прибрежно-водной растительности и смешению с лесными болотами и ключами.

Полученные результаты подтверждают наличие значительной антропогенной нагрузки со стороны полигона на компоненты окружающих экосистем, также подтвержден факт поступление загрязняющих веществ со стороны полигона в сторону селитебной зоны в концентрациях, превышающие допустимые. Реконструкция Полигона может привести к уничтожению больших площадей зарослей водной, прибрежно-водной, сорной и луговой растительности, значительно способствующих очищению вод и почвы вокруг полигона; предполагаемое расширение Полигона также может привести к большему и более дальнему распространению загрязняющих веществ в прилежащих экосистемах; расширение полигона может ухудшить экохимическую и санитарную обстановку в прилежащих селитебных зонах

Литература

1. Материалы открытых слушаний по проекту «Реконструкция полигона твердых отходов «Северная Самарка»», 2016 г.
2. Лобынцева Т.М., Горький А.В. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1995 году // Почвы и земельные ресурсы. СПб., 1996.
3. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, 23.01.2006. URL: http://docs.cntd.ru/document/901966754
4. Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга: Учебное пособие. –Архангельск, 2014. – 108с.
5. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. -13.07.2017. URL: http://docs.cntd.ru/document/901862249.



Яковлева Анастасия Алексеевна
Год рождения: 1995
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № N4252
Направление подготовки: 10.04.01 – Управление
информационной безопасностью
e-mail: zakapau@gmail.com

УДК 004.056.53.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ КОНСОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

А.А. Яковлева
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.С. Лебедев

Одно из направлений защиты информации – система идентификации и аутентификации, которая является серьезным препятствием на пути злоумышленника к ценной для него информации и поможет разграничить права доступа разных людей. Зачастую такую систему реализуют с помощью «логин+пароль». Но такая система не подходит для защиты крайне важной или ценной информации, так как злоумышленник может подобрать пароль человека или подсмотреть, украсть, выведать с помощью социальной инженерии. Поэтому для обеспечения безопасности важных данных используются более сложные системы, в том числе и системы идентификации и аутентификации, которые используют биометрические данные человека. Биометрическую систему защиты обойти гораздо сложнее, так как идентификатором служат определенные параметры, которые являются уникальными для каждого человека и которые почти невозможно украсть или подменить.

Целью работы является снижение вероятности ошибок классификации при задаче идентификации по клавиатурному почерку.

Клавиатурный почерк – один из методов биометрической идентификации, при котором система анализирует временные характеристики нажатий на клавиши консольного устройства (например, клавиатуры) для определения пользователя.

Принято считать, что способ печати является уникальным для каждого человека. В начале 80-ых Национальный научный фонд и Национальное Бюро Стандартов в Соединенных Штатах провели исследования, в ходе которых было установлено, что образцы клавиатурного почерка людей содержат уникальные особенности. При наборе текста на клавиатуре одной рукой оказываются задействованы около 50 мышц пальцев руки и пальцев предплечья и еще примерно 20 мышц плеча и плечевого пояса, то есть при печати двумя руками человек управляет примерно 140 мышцами, что создает уникальность биометрической характеристики. Поэтому клавиатурный почерк является поведенческой биометрической особенностью, которая развивается с течением времени и не может быть забыта, разве что способна незначительно поменяться [1]. Таким образом идентификация пользователей с помощью клавиатурного почерка позволяет улучшить качество систем авторизации, а также снизить риски проникновения злоумышленника в защищаемую систему.

Данный способ идентификации обладает следующими преимуществами по сравнению с другими методами биометрической идентификации:

1. клавиатурный почерк один из самых дешевых методов идентификации;
2. не требуется дополнительного устройства для считывания биометрических

образцов, достаточно только самой обычной клавиатуры;
3. клавиатурный почерк достаточно прост в использовании;
4. также есть возможность проводить скрытую идентификацию пользователя, пока он что-либо печатает, с помощью чего можно выявить нарушителя.

Также клавиатурный почерк обладает рядом особенностей, которые нужно учитывать при работе с системой идентификации по клавиатурному почерку.

1. На разных клавиатурах люди могут иметь разную динамику нажатия, поэтому обучение и идентификацию нужно проводить на одной и той же клавиатуре.
2. Психофизическое состояние человека также может повлиять на его клавиатурный почерк – уставший, расстроенный или больной человек будет медленнее писать и совершать больше ошибок.
3. Снимать «показания» стоит только с тех людей, клавиатурный почерк которых достаточно устоявшийся и стабильный (как минимум полгода частой работы на клавиатуре).
4. Через некоторое продолжительное время клавиатурный почерк может немного измениться.

Для эксперимента были взяты данные клавиатурного почерка, собранные Dependable Systems Laboratory Computer Science Department Carnegie Mellon University [2, 3].

В создании данных участвовал 51 человек, по 400 образцов клавиатурного почерка с каждого. Пользователи заносили свои характеристики клавиатурного почерка в течении 8 дней, по 50 образцов в день. Каждый человек вводил парольную фразу, состоящую из 10 символов (“.tie5Roanl”).

Используемые клавиатурные характеристики:

1. время зажатия клавиши;
2. время от момента нажатия на клавишу до момента, когда будет нажата следующая клавиша;
3. время от момента отпускания клавиши до момента нажатия на следующую клавишу.

Всего имеется 20400 экземпляров клавиатурного почерка. В обучение используется 10200 образцов (по 200 от каждого человека), при тестировании используется также 10200 образцов.

Данные принимают как положительные, так и отрицательные значения. Отрицательным может быть только такой параметр, как время от момента отпускания клавиши до момента нажатия на следующую клавишу, потому что могут возникнуть наложения – человек нажимает клавишу до того, как отпустил предыдущую.

На основе этих данных в Dependable Systems Laboratory Computer Science Department Carnegie Mellon University была построена система идентификации, в основе которой находится метод к-средних (k-means). Результатом эксперимента представлен следующий коэффициент равных ошибок (EER – equal error rate), равный 22% [3].

Для понижения значения EER автор будет создавать нейронную сеть на языке Python с помощью библиотеки scikit-learn. Данная нейронная сеть будет решать задачу классификации объектов, используя такой метод обучения с учителем, как метод обратного распространения ошибки.

При проведенных исследованиях скорости обучения, самый лучший результат был при learning rate = 0.0001 и learning rate = 0.1. Но, как правило, высокая скорость обучения не является хорошим параметром, да и впоследствии, более низкая скорость обучения показала более хорошие результаты. Поэтому в итоге в нейронной сети использовалось learning rate = 0.0001.

В ходе эксперимента подбираются такие гиперпараметры, как:

- количество скрытых слоев;
- количество нейронов в скрытых слоях;
- количество эпох при обучении.

Также в работе исследуются и выбираются функция активации, метод градиентного спуска, функция стоимости.

По результатам исследования получается следующая нейронная сеть (рис. 1).

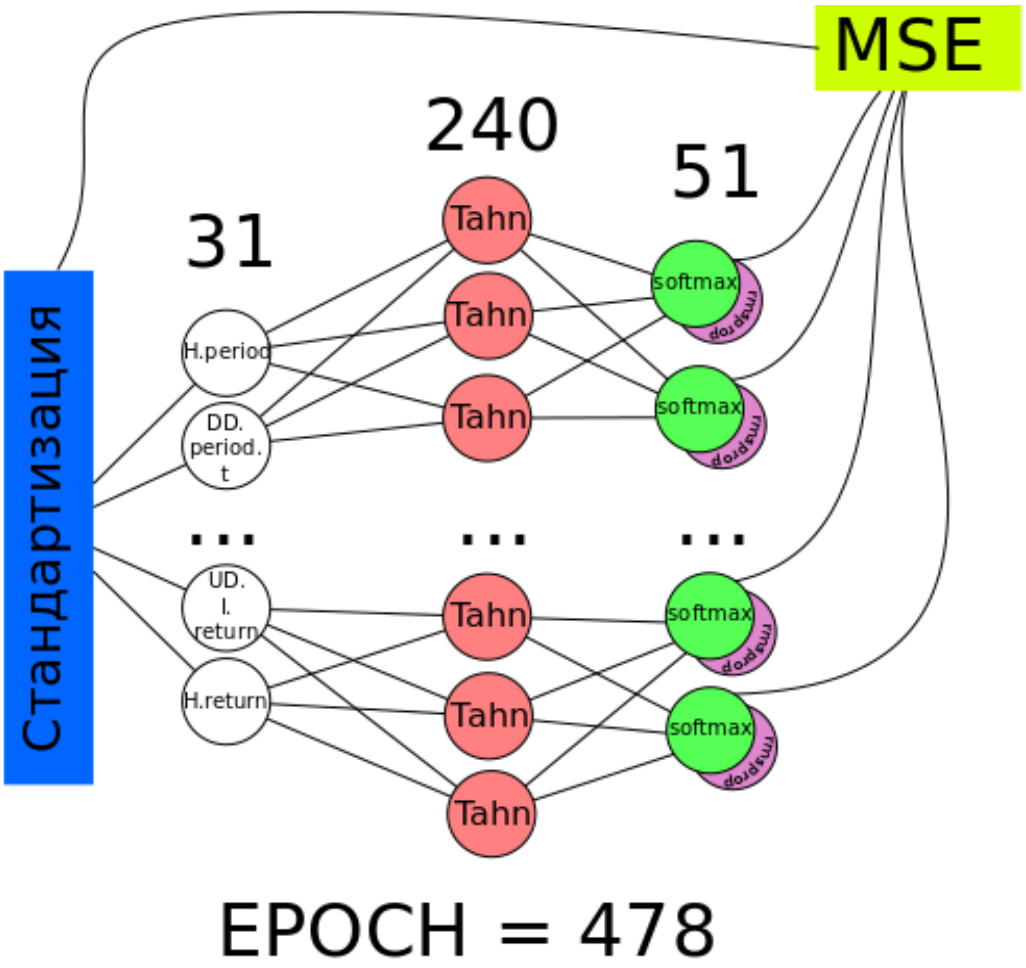


Рис. 1. Схема нейронной сети

Стандартизированные данные (каждый признак имеет среднее 0 и дисперсию 1; так как данные принимают отрицательные значения, то на взгляд автора уместнее всего провести с ними стандартизацию, а не нормирование) подаются на вход 31 нейронам, далее данные попадают на скрытый слой из 240 нейронов с функцией активации гиперболический тангенс. Далее данные попадают на выходной слой с функцией активации Softmax и 51 нейроном. Также в нейронной сети используется функция потерь mse (метод наименьших квадратов) и метод градиентного спуска rmsprop. И все это прогоняется через 478 эпох.

По результатам EER данной сети равен 11,3% при пороге чувствительности равным 0.57.

По результатам была построена ROC-кривая и произведено сравнение с результатами метода k-средних Dependable Systems Laboratory Computer Science Department Carnegie Mellon University (Рис. 2). По графику видно, что автору с помощью метода искусственной нейронной сети удалось снизить значение EER.

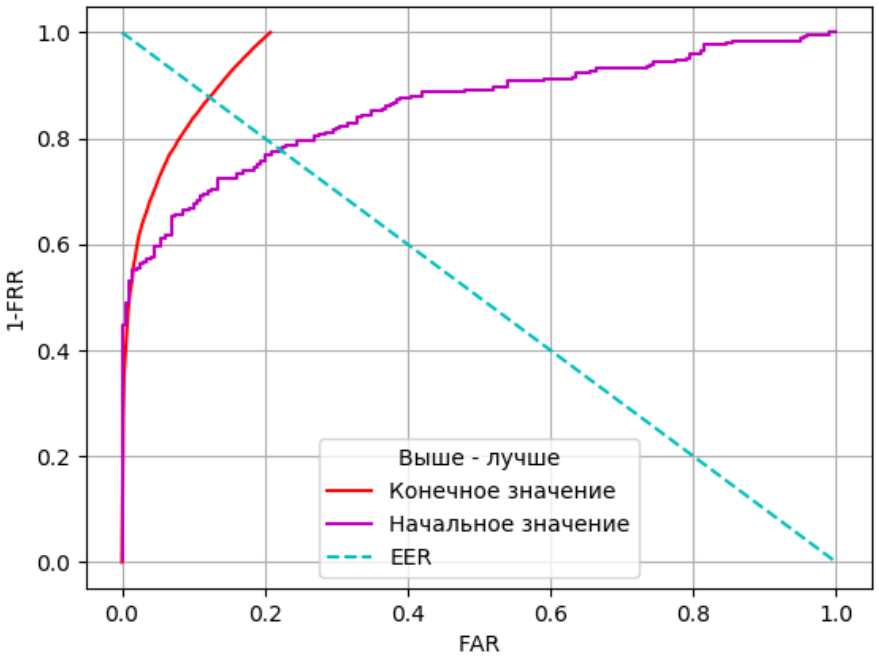


Рис. 2. ROC-кривая

Таким образом, метод идентификации по клавиатурному подчерку с использованием однослойной нейронной сети и подобранными параметрами позволяет снизить уровень равных ошибок (EER) с 22% до 11,3% (EER снизился на 10,7%), что повышает качество идентификации по клавиатурному почерку – биометрическому методу идентификации.

Литература

1. Казанцев И. С. Анализ клавиатурного почерка в процессах аутентификации, идентификации и обнаружения подмены оператора // Молодой ученый. – 2016. – №9. – С. 167–169.
2. Killourhy K. S., Maxion R. A. Comparing anomaly-detection algorithms for keystroke dynamics //Dependable Systems & Networks, 2009. DSN'09. IEEE/IFIP international conference on. – IEEE, 2009. – С. 125–134.
3. Github repository [Электронный ресурс]. – github. – URL: https://github.com/rehassachdeva/Anomaly-Detection-for-Keystroke-Dynamics, режим доступа: открытый, дата обращения: 02.06.2017



Ярошенко Виталий Витальевич
Год рождения: 1994
Факультет физико-технический,
кафедра нанофотоники и метаматериалов,
группа № Z4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника
и оптоинформатикае
mail: v.yaroshenko@metalab.ifmo.ru

УДК 537.

МИКРОВОЛНОВАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АНТЕННА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО, КОГЕРЕНТНОГО И ОДНОРОДНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ АНСАМБЛЯ NV-ЦЕНТРОВ В АЛМАЗЕ

В.В. Ярошенко
Научный руководитель – к.т.н. П.В. Капитанова

Сегодня компактные, высокоточные и чувствительные устройства требуются во многих областях науки и техники. Например, в медицине для изучения активности мозга требуются магнитометры с высокой чувствительностью и малыми размерами. Для подобной задачи сегодня используются магнетометры, основанные на SQUIDs (Superconducting Quantum Interference Devices) массивах. Такое устройство очень дорогое, как в производстве, так и в обслуживание, достаточно громоздкое и требует охлаждения жидким гелием.

Для разработки нового поколения устройств могут быть использованы NV-центры в алмазе. NV-центр (от англ. Nitrogen-Vacancy center) или азото-замещённая вакансия в алмазе – это точечный дефект в алмазе обладающий уникальными свойствами. NV-центры очень чувствительны к температуре, магнитным и электрическим полям, как постоянным так и переменным, могут быть базовым элементом однофотонного источника, барометра и квантового компьютера.

Для того чтобы использовать NV-центр как детектор, требуется использование микроволной антенны для управления спином электрона, лазера с длиной волны 532 нм для возбуждения флуоресценции и фотодетектора для сбора излучения флуоресценции. Разработка микроволновой антенны для управления спином NV-центра занимает ключевое место.

На текущий момент существует несколько типов антенн способных генерировать однородное микроволновое магнитное поле. Большинство из них позволяют генерировать однородное микроволновое поле в плоскости и в относительно малой площади всего 1 мм^2, несколько дизайнов антенн для управления спинами NV-центров в объеме используют циркулярную поляризацию магнитного поля [1].

Уровень шума чувствительности NV-центра может быть оценен по формуле (1):

$$\eta \approx \frac{\hbar}{g_s \mu_B C \sqrt{N\beta\tau}}, \quad (1)$$

где $\hbar$ - постоянная Планка, g_s – g-фактор, μ_B – магнетон Бора, C – контраст, полученный при измерении, N – количество NV-центров, β – количество фотонов, регистрируемых с одного NV-центра за одно измерение и τ – время измерения.

Как видно из формулы (1) снижения уровня шума и повышении чувствительности может быть достигнуто за счет повышения количества NV-центров. В таком случае требуется создание антенны, позволяющей создавать однородное микроволновое

магнитное поле в объеме.

Особый интерес представляет использование циркулярно-поляризованной антенны для управление состояниями спина NV-центра. При использовании циркулярной поляризации микроволнового магнитного поля частота Раби в $\sqrt{2}$ из двух раз больше чем при использовании линейной поляризации при той же входной мощности. Частота Раби – это осцилляции между уровнями $m_s = 0 \leftrightarrow -1$ или $m_s = 0 \leftrightarrow +1$. Уровень $m_s = \pm 1$, вырожденный при отсутствии внешнего постоянного магнитного поля. Правило отбора разрешает оба перехода для линейной поляризации, но в таком случае теряется половина мощности микроволнового излучения. При использовании циркулярной поляризаций микроволнового магнитного поля переход с уровня $m_s = 0$ на уровни $m_s = \pm 1$ зависит от направления вращения циркулярной поляризации и при этом мощность сохраняется[2]. Энергия между переходами составляет 2.87 ГГц

Целью работы было разработать микроволновую антенну, которая генерирует циркулярно-поляризованное микроволновое магнитное поле для однородного, эффективного и когерентного управления состояниями спинов ансамбля NV-центров в алмазе.

В основе микроволновой диэлектрической антенны лежит цилиндрический резонатор с высокой диэлектрической проницаемостью. Материалом для данного резонатора была выбрана микроволновая керамика по нескольким основным причинам: высокая диэлектрическая проницаемость (ε от 40 до 1000); низкие потери; коммерческая доступность. Для данного резонатора была выбрана диэлектрическая проницаемость ε = 520 и tan(δ) = 0.003 на частоте 3 ГГц [3].

Возбуждение циркулярной поляризации микроволнового поля осуществляется с помощью возбуждения двух $HEM_{11\delta}$ мод в квадратуре. Геометрические параметры антенны, в данном случае высота и радиус, находятся аналитически с помощью формулы (2):

$$f_{HEM_{11\delta}} = 2.735 \frac{c\varepsilon_r^{-0.436}}{2\pi R_{out}} \left[0.543 + 0.589 \frac{R_{out}}{T} - 0.05 \left(\frac{R_{out}}{T}\right)^2\right], \quad (2)$$

где c – скорость света, R_{out} – внешний радиус цилиндрического резонатора, T – высота резонатора и ε_r – диэлектрическая проницаемость материала резонатора.

Для возбуждения $HEM_{11\delta}$ моды [4] на резонансной частоте 2.87 ГГц размеры диэлектрического резонатора составляют:

- Высота H = 4 мм
- Внешний радиус R_{out} = 2.76 мм

Аналитический расчет не позволяет оценить размеры диэлектрического цилиндрического резонатора с отверстием, сделанным по оси цилиндра. Отверстие требуется для того чтобы поместить в середину антенны образец алмаза с NV-центрами, так как внутри диэлектрического цилиндрического резонатора наблюдается наибольшая амплитуда магнитного поля. Для того чтобы определить размеры резонатора с отверстием были сделаны численные расчеты в программном обеспечении CST Studio Suite 2017. Частота резонанса увеличивается при появлении отверстия и зависит от его радиуса, оптимизация была произведена за счет увеличения высоты резонатора. После оптимизации были получены следующие геометрические параметры:

- Высота H = 5.05 мм
- Внешний радиус Rout =2.76 мм
- Радиус отверстия Rin = 1.6 мм

Дальнейшим исследованием было сравнение двух методов возбуждения $HEM_{11\delta}$ мод в квадратуре:

- Методом двух колец с током

- Методом зонда в металлической коробке

Для возбуждения первым методом используются два идентичных кольца, расположенных в ортогональных плоскостях и запитывающиеся с разность фаз 90° относительно друг друга. Размеры колец составляют:

- Радиус кольца 1.5 мм
- Диаметр сечения провода 0.5 мм
- Расстояние, на котором расположены кольца 1.1 мм

Согласование на частоте 2.87 ГГц достигает -30 дБ.

Для возбуждения методом зонда используется открытая металлическая коробка с четырьмя зондами, расположенными перпендикулярно основанию в ортогональных плоскостях. Внутрь коробки помещается диэлектрический цилиндрический резонатор, зонды расположены практически вплотную к резонатору. Запитываются только два зонда, расположенные в ортогональных плоскостях, другие два зонда требуются для сохранения симметрии системы. Геометрические размеры системы составляют: высота коробки 5.5мм; высота зонда 5 мм; диаметр зонда 0.5 мм; длина основания 15 мм.

Согласование на частоте 2.87 составило -15 дБ.

На рис. 1 представлены модели диэлектрической резонансной антенны с двумя типами возбуждения циркулярной поляризации магнитного поля: а) двумя кольцами с током; б) методом зондов в металлической коробке.

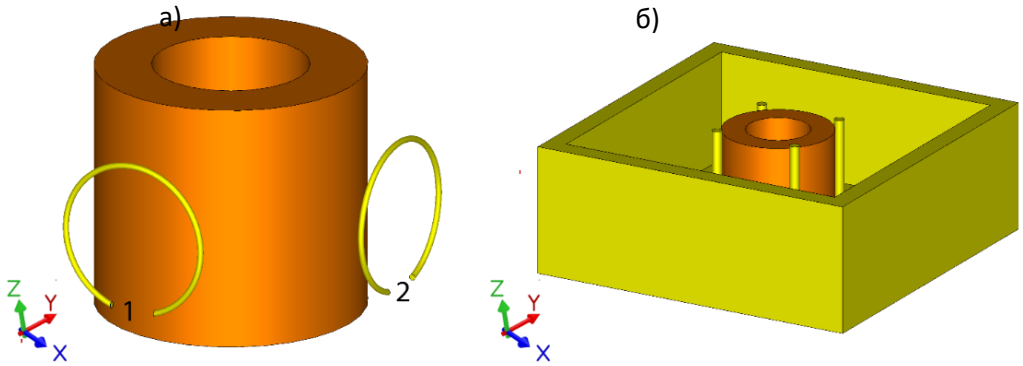


Рис. 1. Модель диэлектрической антенны с циркулярной поляризацией магнитного поля, возбуждаемого: а) двумя кольцами с током; б) методом зондов в металлической коробке

Амплитуда микроволнового магнитного поля для метода возбуждения двумя кольцами с током в центре диэлектрического резонатора достигает примерно 1000 А/ при мощности микроволнового сигнала, подаваемой на каждую петлю, 5 Вт. При такой же мощности микроволнового сигнала, подаваемого на зонды, в методе возбуждения зондами наблюдается амплитуда магнитного поля примерно 630 А/м.

Для оценки эффективности взаимодействия микроволнового поля и ансамбля NV-центров были рассчитаны среднее значение и неоднородность частоты Раби для различных размеров алмаза в форме цилиндра, размеры которого вирировались (высота от 0.1 мм до 4 мм, радиус от 0.1 мм до 1.5 мм). Для расчета частоты Раби используется формула (3):

$$\Omega = \gamma B \tag{3}$$

где $\gamma = 2.8$ МГц/Гс – магнитный момент электрона, B – амплитуда магнитного потока.

Неоднородность частоты Раби примерно одинаковая для двух методов возбуждения. Максимальная средняя частота Раби наблюдается при возбуждении двумя кольцами с током и составляет 48 МГц для алмаза объемом 1 мм x Ø3 мм (рис. 2а). При

возбуждении зондами для такого же объема алмаза наблюдается средняя частота Раби примерно в 1.6 раза меньше и составляет 30 МГц (рис. 2б). Для обоих методов для данного объема алмаза неоднородность составляет менее 9%.

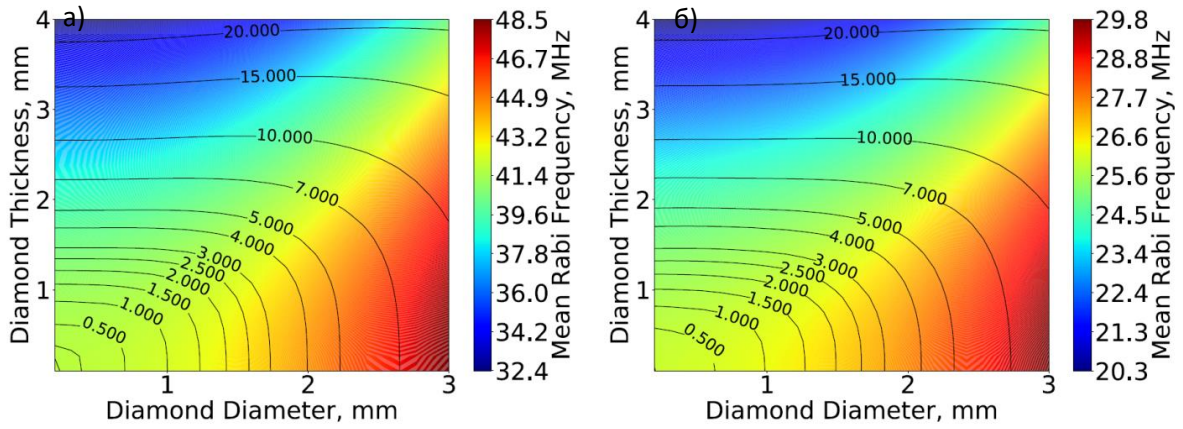


Рис. 2. Частота Раби и ее неоднородность для дизайнов антенны с возбуждением методом: а) двумя кольцами с током; б) зондов в металлической коробке

При использовании метода возбуждения двумя кольцами с током наблюдается частота Раби выше, чем при использовании метода возбуждения зондами, но преимуществом последнего метода является малая чувствительность к окружающим объектам, что позволяет снизить шум и влияние на систему.

Антенны, представленные в данной работе, превосходят существующие аналоги, они позволяют достигать частоты Раби равные 30 – 48 МГц, в аналогах 10 – 15 МГц.

Литература

1. Abe Eisuke and Sasaki Kento Tutorial: Magnetic resonance with nitrogen-vacancy centers in diamond–microwave engineering, materials science, and magnetometry // Journal of Applied Physics. – 2018. – Vol. 123. – p. 161101.
2. Kapitanova Polina [et al.] Dielectric resonator antenna for 3D uniform manipulation // https://arxiv.org/abs/1805.05441. – 2018.
3. Nenasheva Elizaveta [et al.] Low Loss Microwave Ferroelectric Ceramics for High Power Tunable Devices. – 1 2010. – Vol. 30. – pp. 395-400.
4. Balanis C. A. Antenna Theory: Analysis and Design. - [s.l.] : John Wiley and Sons, Inc., 2016. – 4. – ISBN: 978-1118642061.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Булыгина А.Н.
Методы формирования бренда личности на интеллектоемких рынках…….. 6

Валишев А.А.
Сравнительный анализ эффективности антимикробного действия дезинфицирующих средств старого и нового поколений, применяемых на мясоперерабатывающих предприятиях……..……. 10

Гарбуз С.А.
Получение биологически активных пептидов и исследование их свойств...……...…….. 14

Елсуков А.И.
Разработка системы широкополосной связи скрытой передачи сообщений...……...……. 19

Набибуллина Р.Д.
Плазмон-экситонное взаимодействие в гибридной структуре, состоящей из металлических наночастиц и j-агрегатов цианиновых красителей……..…. 24

Нехорощих А.Н.
Разработка и исследование алгоритмов управления с запаздыванием в условиях параметрической неопределенности, возмущений и помех измерений…….. 28

Орехова М.К.
Моделирование оптических систем преобразователей лазерных пучков…….. 33

Квитко К.Б.
Проект оценки целесообразности внедрения высокоскоростного сообщения в СЗФО РФ……..…….……. 37

Расщупкин Е.Н.
Математическая модель многокоординатной фрезерной обрабатывающей системы для исследования вибраций в зоне резания……..... 42

Череповская Е.Н.
Методы и средства анализа биометрических данных для аффективных вычислений в системах электронного обучения……..……... 48

Шлыков А.И.
Оптическая ативность хиральных молекул и хиральных суперкристаллов на основе полупроводниковых квантовых точек..……..……... 53

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Антропова М.М.
Исследование влияния мощности и длительности излучения 980 нм диодного лазера на параметры микроповреждений слизистой оболочки полости рта при её фракционной обработке…...…….. 58

Булочникова Т.А.
Управление экологическими рисками
на предприятии автомобильной отрасли…..……..... 63
Бутова Д.В.
Сверхлегкое главное зеркало телескопа космического
базирования и способы его закрепления на ферме телескопа…..……..... 67
Вертегел Д.А.
Исследование и математическое моделирование
многоуровневых инверторов с высоким диапазоном
регулирования напряжения на нагрузке……...…… 71
Востриков Е.В.
Разработка миниатюрного модема
с частотной манипуляцией (fsk) на базе плис……...……... 76
Гарин И.С.
Исследование и разработка системы
раннего предупреждения усталости водителя…….…….…….. 80
Головин А.А.
Исследование способов повышения
быстродействия систем с пьезоактюаторами……...…..…….. 85
Голубев К.В.
Мультиагентная среда моделирования дорожного
трафика на базе игрового движка unreal engine 4…….……... 91
Доржиева Н.В.
Разработка сброженного зернового
напитка на основе молочной сыворотки……...… 95
Илатовский Д.А.
Сенсорные системы на основе голографических золь-гель материалов……... 101
Кадыр Г.
Разработка алгоритмического и программного обеспечения
обработки первичного сигнала магнитно-индукционного преобразователя...…. 105
Кислицина Е.А.
Методика измерения параметров газовой ячейки,
определяющих чувствительность квантового датчика вращения…..……... 110
Конева Т.А.
Разработка оптической схемы системы
дополненной реальности на основе смартфона……... 115
Корнев А.А.
Разработка рецептуры и технологии йогурта,
обогащенного белком и свекловичными волокнами……... 120
Костерева П.А.
Моделирование теплообменных и газодинамических
процессов при пожарах на объектах метрополитена…….. 124
Кузин А.Ю.
Разработка и применение алгоритмов искусственных
нейронных сетей и нечеткой логики в регуляторах систем
управления электропривода с двухмассовой нагрузкой……...……..... 129
Леонтьева В.С.
Формирование модели коммерциализации технологической
разработки в области новых материалов на основе наноструктур…..…….. 134
Литуненко В.С.
Разработка конструкции трехосного микромеханического гироскопа…..…… 141

Петраневский И.В.
Система управления роботом-манипулятором
с компьютерным зрением…..……...…….. 146
Помогаева А.В.
Разработка модели современной системы оплаты
проезда в Санкт-Петербурге…...……..…. 151
Рочас С.С.
Разработка конструкции фотоприемника
с копланарным выходом ближнего инфракрасного
диапазона и комплекта фотолитографических масок...…….……. 155
Рудометова А.И.
Разработка состава протеиново-амрантового коктейля…….……. 161
Сенкевич Н.Ю.
Квантово-механическое моделирование
пространственной, зонной структуры и оптического
спектра металлоорганических полимеров на основе zn……...…... 166
Тарасов И.П.
Исследование и расчет панкратических телескопических насадок..……. 171
Туркебаева Д.Б.
Исследования и разработка модуля управления
шаговыми двигателями для оборудования с чпу……... 177
Укконен Т.И.
Разработка рецептуры и технологии
творожного продукта с растительными
компонентами для детей школьного возраста…….…… 182
Функнер А.А.
Моделирование клинических путей в условиях высокой
разнородности потока пациентов на основе данных
на примере случаев острого коронарного синдрома.....……. 187
Харба Р.
Стимулирование метаболической активности пивных
дрожжей путем внесения в питательную среду витаминов..…….. 192
Шаламов В.В.
Настройка гиперпараметров алгоритмов кластеризации……..…….. 197
Шиян А.В.
Исследование взаимодействия информационных систем
города на примере ит-инфраструктуры Санкт-Петербурга.....……... 202

**ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ**
Аленин А.А.
Разработка текстонезависимой системы идентификации по голосу……. 209
Белов С.В.
Конструирование экспертности в научных
музеях (на примере политехнического музея)…….…...…. 214
Белянцев А.П.
Исследование режимов функционирования восполняемого
источника энергии автономного подводного аппарата……..…... 218

Богомолов В.В.
Исследование возможностей применения глонасс/gps-приемников
в условиях ограниченной видимости спутников……..…… 223
Бушуев К.Р.
Стабилизация квадрокоптера
с помощью многослойной нейронной сети…….……. 229
Вавринюк Д.М.
Исследование практических
приложений ректенны, предназначенной для зарядки
аккумуляторов энергией электромагнитного поля……..… 234
Васнева Н.В.
Подготовка проекта профессионального
стандарта на примере гидротехнической отрасли.……..……...…… 240
Волкова Д.В.
Исследование физиологических свойств
дрожжей saccharomyces cerevisiae штамма y3194……..…….. 245
Горбенко А.А.
Разработка и исследование системы
мониторинга оборудования в измерительной лаборатории…….…….. 250
Горбунова А.А.
Использование молочной
сыворотки в процессах микробного синтеза……..…….. 255
Григорьев И.С.
Исследование и сравнительный анализ реакций
на динамические возмущения следящих электроприводов
систем наведения квантово-оптических комплексов...…...……..…… 258
Добрынина В.К.
Совершенстсвование методических подходов
к повышению энергоэффективности предприятия
по производству безалкогольных напитков и соков..……..……... 263
Дружинин П.Я.
Исследование возможностей реализации некритичного
по температуре синхронизма в нелинейно-оптических кристаллах……..…… 268
Завьялова В.В.
Исследование воздействия промышленных
предприятий на объекты особо охраняемых
природных территорий Санкт-Петербурга……...….... 272
Зайцева М.Ю.
Влияние питательное среды на образование
сложных эфиров при получении солодовых дистиллятов…….…. 276
Зикруллаев Д.Ф.
Исследование влияния ультразвуковой обработки
на качественные показатели свежевыжатых соков……...…. 281
Зорин П.В.
Структура и теплофизические свойства
синтактных органических пенопластов…… 285
Иванова О.П.
Совершенствование системы мотивации персонала
в организации с авторитарным стилем руководства
(на примере ооо «глобал экспедишн сервис»)……. 290

Ильющиц В.В.
Изучение метаболитов перспективных штаммов
в изменяющихся биотических и абиотических условиях
вегетации и холодильного хранения картофеля с целью
поиска эффективных способов контроля фитопатогенов……..……..... 295
Калинкина О.С.
Синтез и анализ ахроматических и атермализованных компонентов…….….. 298
Комаров Д.Е.
Исследование и разработка стенда для измерения
характеристик твердотельного фотоэлектронного умножителя…..…..…… 302
Копылова Т.А.
Разработка состава и технологии десерта
с фитокомпонентами на основе молочной сыворотки…….……... 308
Кораханов Т.Б.
Проектирование мехатронной системы,
предназначенной для увеличения мускульной силы человека……..….... 313
Корытова В.Е.
Методы исследования инсайтов потребителей
при разработке позиционирования инновационных товаров…….…….. 318
Кутейникова К.А.
Разработка и исследование широкоугольных наблюдательных систем…….….. 323
Лопатин Н.А.
Исследование влияния инноваций на сферу строительства…….…….. 327
Лукинская В.В.
Проектирование адаптивной системы освещения
для учебных пространств в климатических условиях северных стран……..….. 331
Любакова Ю.С.
Воздействие световой имитации природных
форм на психофизиологическое состояние человека……..…… 337
Манеев А.О.
Стохастическое тестирование программного
обеспечения для поиска уязвимостей.……..…… 341
Москвин М.К.
Управление оптическими свойствами поверхности металлов
в видимом диапазоне за счёт лазерного структурирования…...…… 346
Мухамеджанов Д.Д.
Разработка генератора псевдослучайных
чисел для повышения надежности amd кодов.……..…….. 350
Назарова А.В.
Исследование источников выбросов
неприятно-пахнущих веществ на производстве кондитерских
изделий и разработка рекомендаций по их устранению…….…… 355
Никифоровский Д.А.
Исследование алгоритмов оптимизации роя частиц и их применение
для компенсации влияния внешней среды на показания вод…….…… 359
Николаи Я.В.
Разработка и исследование нейросетевых
методов распознавания объектов в видеоряде…...…….. 364
Онищук Д.А.
Исследование оптических свойств наноструктур
pbs для создания светодиодов ближнего ик диапазона……..……. 368

Петров М.М.
Исследование и разработка методики организации удаленного доступа
к технологическому оборудованию для дистанционного обучения..…… 372
Пидгайко Д.А.
Визуализация эллиптического и гиперболического режимов дисперсии
собственных оптических мод кремниевой метаповерхности……..……... 376
Просочкина Д. А.
Метод поиска уязвимостей кода
с использованием распределенной обработки данных……..……. 381
Пулькин Н.С.
Генерация электромагнитного излучения
в атомарных системах и ситемах с движущимися зеркалами…….……... 385
Самина В.С.
Разработка крепления оптической
системы для шлема дополненной реальности.…….…… 389
Самко М.Л.
Система управления качеством изготовления
деталей на этапе внедрения управляющих программ..…….…….. 394
Сечак Е.Н.
Разработка и расчет конструкции узла
главного зеркала для космического телескопа...……..……... 399
Сидикова М.П.
Разработка состава и технологии кисломолочного
продукта, обогащенного пищевыми волокнами…….. 404
Скурлов И.Д.
Оптическая спектроскопия полупроводниковых
квантовых точек для ближнего ик диапазона…….……. 409
Смаилова А.Е.
Использование фильтра калмана в нестационарной теплометрий…..……... 414
Смельцова А.С.
Разработка состава и технологии плавленого
сырного продукта, обогащенного растительными компонентами…….…. 419
Старовойтов С.О.
Анализ искажений проецируемого изображения,
обусловленных наличием несущей пространственной
частоты голографического многослойного экрана…….. 422
Степаниденко Е.А.
Исследование процесса формирования суперструктур на основе
полупроводниковых квантовых точек cdznse/zns и наночастиц Au…….……... 427
Сытюк И.В.
Метод мониторинга поведения студентов
при прохождении тестирования на основе сверточных нейронных сетей…..….. 432
Тестов М.В.
Разработка алгоритмов обработки
изображений в задаче панорамного наблюдения…….……... 436
Титов А.В.
Исследование целесообразности использования
единой платформы для создания группы полевых
измерительных оптико-электронных приборов……... 440
Титова М.Н.
Исследование целесообразности инновационного проекта по созданию
многофункционального датчика для систем мониторинга и охраны……..….. 444

Трохов Е.С.
Совершенствование программы «бережливого производства»
в компании по производству безалкогольных напитков……..……... 448
Умнова А.В.
Система электропитания
волоконно - оптической сейсмической косы…….…….. 453
Федотов А.А.
Формирование и исследование фотонных структур
в полимерных нанокомпозитах методом интерференции…….……. 457
Хмара Е.П.
Разработка системы управления отходами в аэропорту пулково…….……. 461
Чиримисина Д.А.
Проект интерактивной инсталляции
на основе биологической обратной связи……..……... 465
Чуднов Ю.Н.
Разработка и исследование инфракрасной сенсорной панели
для многофункциональных цветных индикаторов летательных аппаратов…… 469
Шатохина Д.Д.
Методы формирования брендов интеллектоемких событий……..…… 474
Шемигон Т.Н.
Разработка сверхширокоугольного объектива для видеокамер
внутреннего и внешнего обзора летательного космического аппарата……..... 478
Шустов И.В.
Анализ и синтзез системы управления следящего электропривода
с учетом упруго-вязких связей в механизме исполнительных осей……..... 483
Щеглова А.Е., Динкелакер Н.В.
Исследование влияния полигона отходов на компоненты экосистем……..…… 490
Яковлева А.А.
Повышение качества биометрических методов идентификации
на основе статистических данных консольных устройств…….…… 495
Ярошенко В.В.
Микроволновая диэлектрическая антенна для эффективного, когерентного
и однородного возбуждения ансамбля nv-центров в алмазе…….……. 499

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО

Сборник трудов

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Дизайн обложки Н.А. Потехина
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Верстка Т.Н. Быкова
Подписано к печати 19.11.2018
Заказ № 4149
Тираж 100 экз.