УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

МАГИСТРОВ

2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2018

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / Главный редактор проректор по научной работе д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 569 с.

Сборник содержит работы конкурса на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу среди магистров Университета ИТМО» 2017 года и издается 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

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.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2018

© Авторы, 2018

ВВЕДЕНИЕ

«Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистрантов Университета ИТМО» опубликован по результатам конкурсов на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (НИВКР) среди магистрантов 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 магистрантов кафедрами было принято решение о выдвижении лучших работ в Государственную аттестационную комиссию (ГАК). По итогам работы ГАК были окончательно определены 139 лучших НИВКР на 49 кафедрах.

Второй этап Конкурса проводился на мегафакультетах университета. По итогам представленных кафедрами работ, директорами мегафакультетов был проведен анализ ВКР магистрантов, и определены победители Конкурса на мегафакультетах. В итоге на мегафакультетах состоялось 6 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 2017 год.

Статистические данные участия магистрантов в Конкурсе

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	139	107
II	Конкурсы факультетов	107	54
III	Конкурс университета	54	32

По итогам Конкурса среди магистрантов были определены 32 победителя на «Лучшую НИВКР университета» и 22 лауреата, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество магистрантов, 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 № 846-од от 27.09.2017 г.

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



Абдуллаева Малика Саяфатовна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: m.s.abdullaeva@mail.ru

УДК 664

РАЗРАБОТКА СОСТАВА НИЗКОКАЛОРИЙНОГО ВЫСОКОБЕЛКОВОГО МОРОЖЕНОГО ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО И СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

Абдуллаева М.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Надточий Л.А.

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

Проводя параллель между питанием и здоровьем человека, безусловным является следующее: как для спортсменов, так и для людей, ведущих активный образ жизни, крайне важно соблюдение грамотного подбора рациона питания, учитывая индивидуальные особенности организма и сохранения баланса питательных веществ, поступающих в организм вместе с пищей. С каждым годом данная тенденция призывает все большее число людей, при этом преобладающее количество ставят перед собой задачу, направленную на снижение лишнего веса. Для ее осуществления важно потреблять пищу натурального происхождения, рекомендуемую для диетического питания. Ввиду этого отмечается увеличение спроса на специализированные и функциональные продукты, которые при систематическом потреблении влияют не только на общее укрепление организма и повышение работоспособности, но и снабжают организм легкоусвояемыми пищевыми веществами, оказывая корректирующее действие на жировую ткань человека [1].

Однако, анализируя мировой рынок производимых функциональных продуктов, наблюдается высокая конкуренция по отношению к продукции российских производителей. В силу этого, тенденция развития российского производства для данного сегмента определила **цель работы** – разработка состава и технологии высокобелкового мороженого пониженной калорийности для диетического и спортивного питания.

Для осуществления заявленной цели исследования были поставлены следующие задачи:

- изучить технологию производства мороженого и возможность использования высокобелковых компонентов с последующей подборкой;
- определить тип стабилизатора и дозу внесения;
- определить способ обогащения и дозировку высокобелковой культуры киноа;
- отработать рецептуру и определить показатели качества мороженого;
- рассчитать пищевую и биологическую ценности готового продукта;
- разработать проект технической документации на продукт.

Исследования проводились в лаборатории кафедры ПБ Университета ИТМО, в трех- и пятикратном исполнении. Схема проведения исследований представлена на

рис. 1, в соответствии с установленными целью и задачами. Объектами исследования служили:

- молоко коровье пастеризованное по ГОСТ 32922-2014;
- изолят сывороточных белков (ИСБ) по действующей нормативной или технической документации, разрешенный к применению;
- мицеллярный казеин (МК) по действующей нормативной или технической документации, разрешенный к применению;
- киноа черная (декларация: ТС N RU Д-RU.АУ40.В.10188, страна происхождения – Перу);
- подсластители: эритрит, сукралоза по ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»;
- стабилизаторы, разрешенные к применению по ТР ТС 029/2012;
- ароматизаторы и красители, разрешенные к применению по ТР ТС 029/2012;
- смесь мороженого и готовый продукт.

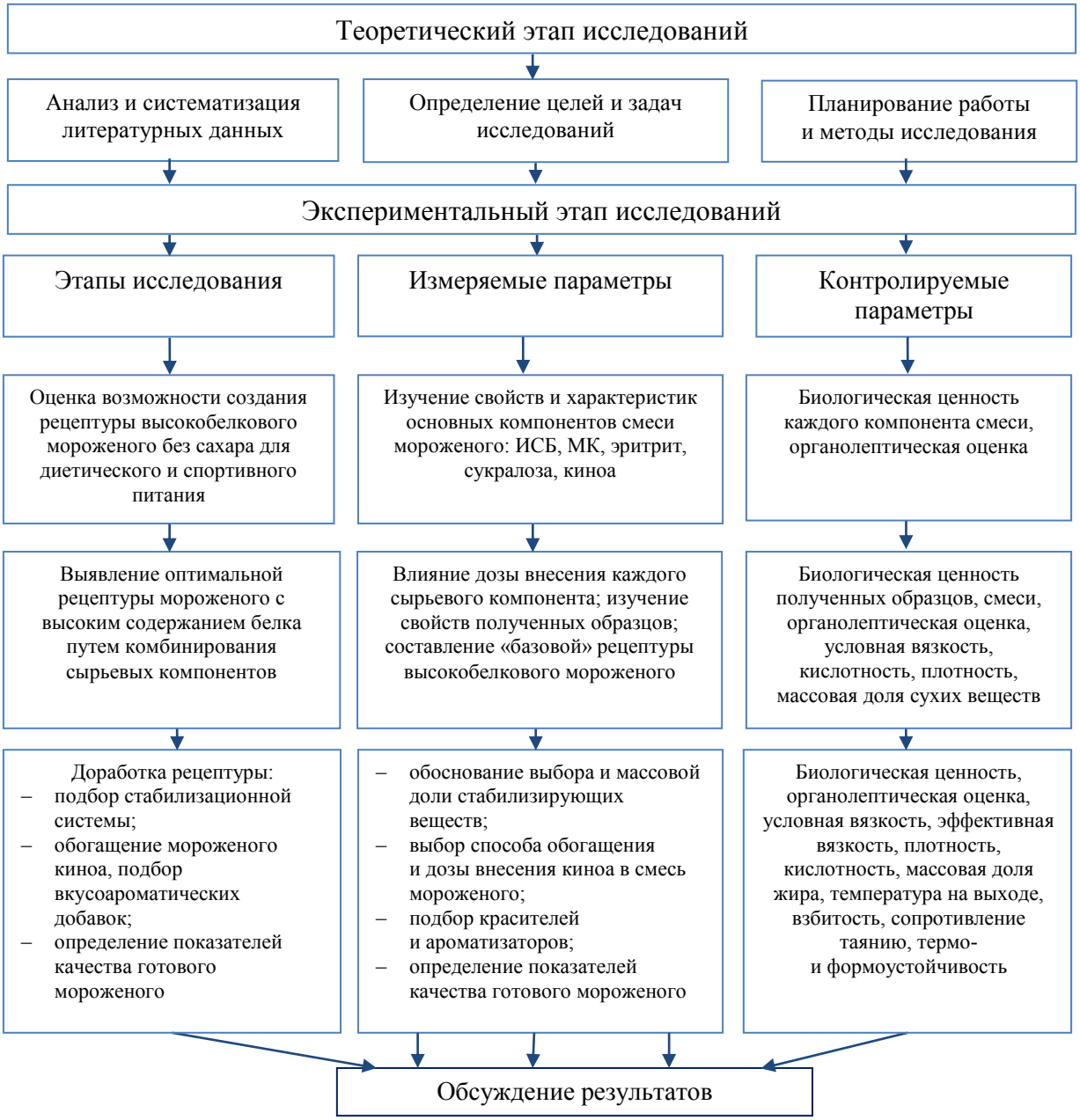


Рис. 1. Схема проведения исследования

На первом этапе исследования были изучены сухие белковые компоненты – ИСБ с содержанием белка 95,0% и МК с содержанием белка 85,5% путем восстановления в молоке с м.д.ж. 2,5%. В процессе изучения установлено: в каждом компоненте присутствуют как положительные, так и отрицательные характеристики, требующие оптимизации и приобретения требуемых параметров путем их комбинирования между собой в различном процентном соотношении и м.д.б. от 16 до 26% на 100 г смеси. По результатам некоторых показателей (вязкость смеси, степень растворимости, способность к гелеобразованию, органолептические показатели) наибольшее соответствие продемонстрировал образец с м.д.б. 20% и соотношением высокобелковых компонентов 30/70 [2].

Для приобретения приятной степени сладости применялись подсластители – эритрит и сукралоза в соотношении 15:1 дозировкой от 0,5 до 4,0% с шагом 0,5 на 100 г смеси мороженого с последующим перемешиванием до полного растворения. Оптимальные значения проявил образец с концентрацией 3,0%.

Особое влияние при формировании структуры, консистенции и органолептических свойств будущего мороженого оказывает правильно подобранная стабилизационная система. Дозировки стабилизаторов-эмульгаторов (ACUCELL AF-0305, PJX-1, ПРОСТАБ, КРЕМОДАН-344) подбирались экспериментальным путем от 0,1 до 0,5% (по потребности) с шагом 0,1 НА 100 г смеси мороженого. Среди рассмотренных образцов стабилизационных систем наиболее удачно себя проявил ПРОСТАБ с 0,1% дозировкой.

В качестве дополнительного источника белка применяли киноа – псевдозлаковое растение, преимуществом которого является богатый аминокислотный состав. Киноа, отдаленно напоминающая по вкусу орех, рассматривалась в качестве белкового компонента как в измельченном, так и в нативном виде после прохождения теплообработки. С целью повышения функциональной значимости и улучшения вкусовых данных мороженого, наиболее соответствовали Образцы 6, 7 и 8, которые сравнивали с контрольным образцом без киноа (рис. 2).

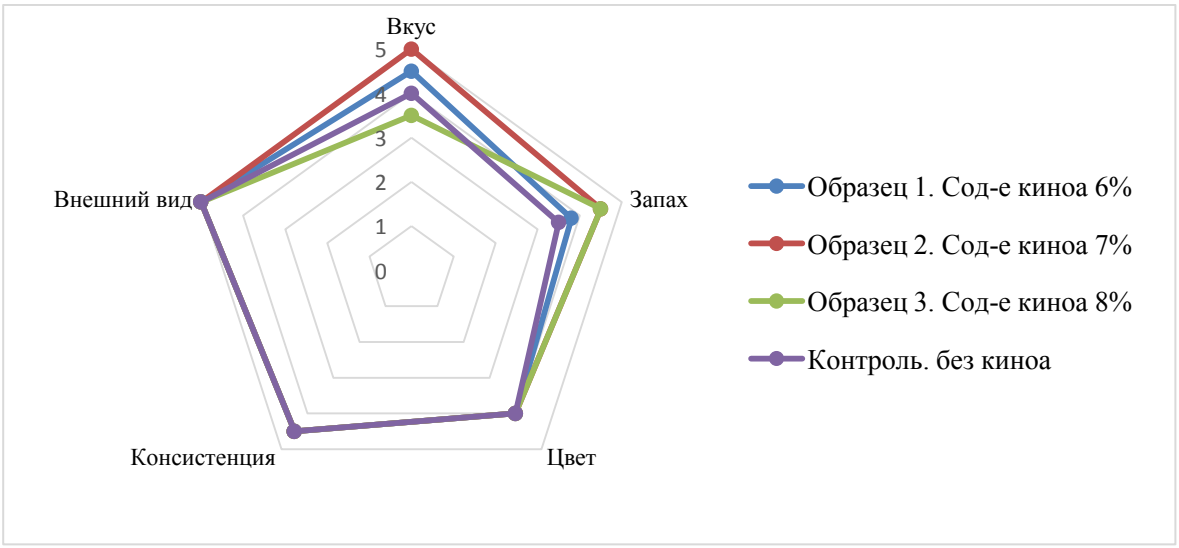


Рис. 2. Органолептические показатели мороженого

По результатам органолептической оценки отобранных образцов наиболее благоприятным явился образец, содержащий 7% киноа, после чего произвели несколько выработок мороженого согласно расчетной рецептуре с целью ее практического подтверждения. Сопоставив с рецептурой молочного мороженого с

сахаром, определяли показатели качества готового мороженого: взбитость, термо- и формоустойчивость, сопротивление таянию, кислотность, м.д.ж., температура на выходе из фризера, размер жировых шариков, а также микробиологические показатели [3]. В соответствие с итоговой рецептурой (табл. 1) произведен расчет пищевой и энергетической ценности высокобелкового мороженого в сравнении с молочным (табл. 2).

Таблица 1. Рецептура высокобелкового мороженого в сравнении с молочным

Наименование сырья	Содержание в г на 100 г	
	молочного мороженого	высокобел-кового
Молоко коровье цельное	50,0	77,8
Масло коровье сливочное (м.д.ж. 82,5%)	1,3	–
Молоко цельное сгущенное с сахаром (м.д.ж. 8,5%)	10,0	–
Молоко коровье сухое обезжиренное	4,3	–
Изолят сывороточного белка	–	15,5
МК	–	3,5
Сахар-песок	11,1	–
Эритрит+сукралоза	–	3,0
Агароид	0,3	
Стабилизатор «Простаб»	–	0,1
Ванилин	0,01	–
Ароматизатор – натуральные сливки	–	0,05
Вода питьевая	23,0	–

Таблица 2. Сравнение пищевой и энергетической ценности мороженого

Вид мороженого	Белка, %	Жира, %	Углеводов, %	Калорийность, ккал
Высокобелковое	20,0	2,5	4,3	119,7
Молочное	3,5	3,5	22,9	137,1

В результате исследования разработана рецептура мороженого без сахара с характерными функциональными свойствами – таким образом, заявленная цель осуществилась посредством решения поставленных задач.

1. Изучены: технология производства мороженого, основные компоненты и возможность использования высокобелковых компонентов (ИСБ и МК).
2. Осуществлен подбор дозировки каждого компонента смеси: 20% белковых компонентов (в соотношении 30:70), 3,0% подсластителей (1:15 сукралоза и эритрит).
3. Подобран стабилизатор-эмульгатор, соответствующий характеристикам продукта – ПРОСТАБ с дозировкой 0,1%.
4. Произведен подбор дозировки и выбран способ обогащения мороженого киноа – кратковременная варка с дозировкой 7%.
5. Определены показатели качества готового мороженого.
6. На данное мороженое разработан проект технической документации (Технические условия, Технологическая инструкция).

Литература

1. Абдуллаева М.С., Надточий Л.А. Разработка состава мороженого на молочно-растительной основе // Сб. трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2016. – Т. 1. – С. 3–6.
2. Надточий Л.А., Яковченко Н.В., Абдуллаева М.С., Лепешкин А.И., Кузнецова Е.Д., Предеина А.Л. Разработка технологии и состава высокобелковой смеси мороженого // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2016. – № 4(30). – С. 50–57.
3. Арсеньева Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. – Т. 4. Мороженое. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 295 с.



Алафишвили Алиса Давидовна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента,
группа № U4247
Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика
e-mail: tomashgub14@gmail.com

УДК 330.13:657.92

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ БИЗНЕСА

Алафишвили А.Д.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Батова Т.Н.

Необходимость оценки стоимости бизнеса возникает практически при всех трансформациях предприятия. В настоящее время становится все более актуальным вопрос не только оценки стоимости бизнеса, но и последующего управления (увеличения) этой стоимостью. В качестве одного из основных факторов влияния на стоимость бизнеса выступает деловая репутация предприятия. Деловая репутация является сильной и стоимостно-значимой частью нематериальных активов, поэтому необходимо управлять ею, использовать в качестве инструмента конкурентной борьбы, а главное в качестве одного из немаловажного фактора формирования и изменения стоимости бизнеса. Все дело в том, что именно деловая репутация предприятия во многом определяет возможности в привлечении средств, поиске стратегических инвесторов и партнеров, построении отношений с властью.

Целью работы являлся анализ современных методов оценки и управления стоимостью бизнеса, а также определение роли деловой репутации в процессе формирования и управления стоимостью бизнеса.

Бизнес – это юридически оформленный вид человеческой деятельности, который осуществляется в рамках одной из установленных законом форм хозяйствования и ставящий главными целями получение дохода и развитие собственного дела. Таким образом, можно сказать, что стоимость бизнеса – объективный показатель результатов его функционирования.

В качестве субъекта в оценке стоимости бизнеса выступает заказчик, а лица выполняющего процесс – оценщик. В роли объекта оценки выступают акции, доля в

уставном (складочном) капитале, пай в паевом фонде производственного кооператива, имущественный комплекс предприятия или его часть как обособленное имущество действующего бизнеса. В рамках работы в качестве объекта рассматривался именно имущественный комплекс.

Процесс оценки регламентирован Российским законодательством. Основным документом в нормативно-правовой базе служит приказ Минэкономразвития РФ от 01.06.2015 № 326 об утверждении федерального стандарта оценки «Оценка бизнеса (ФСО № 8)» [1]. Оценка проводится на основе доходного, затратного и/или сравнительного подходов. Несмотря на то, что подходы к оценке стоимости бизнеса четко определены в стандарте, стоит отметить, что не существует сформированного перечня методов, относящихся к каждому подходу.

По результатам исследования были определены условия применения методов и выявлены их достоинства и недостатки [2]. Следующим этапом на основе выполненного анализа была выявлена взаимосвязь методов оценки стоимости бизнеса, видов оцениваемой стоимости, сфер применения результатов оценки, жизненного цикла предприятий и особых условий, при которых рекомендуется использование того или иного метода, а также предпочтительность применения подходов оценки стоимости бизнеса, в зависимости от цели оценки и вида стоимости. Данные результаты имеют практическую значимость по больше мере для заказчика, чтобы контролировать работу, а не для оценщика.

Стоимость бизнеса состоит из формирующих и влияющих факторов (рис. 1). Такие факторы как деловая репутация и показатель ликвидности относятся как к формирующим, так и к влияющим факторам. Среди всех факторов стоимости была выделена деловая репутация, находящаяся на пересечения формирующих факторов, как часть нематериальных активов, так и влияющих – как конкурентное преимущество. Деловая репутация – это объективное понятие и целостное представление о предприятии как субъекте определенного вида деятельности, которое тесно связанно с конкретными результатами профессиональной деятельности в долгосрочном периоде.



Рис. 1. Взаимосвязь факторов, формирующих и влияющих на стоимость бизнеса

Можно отметить, что в стоимости предприятия большое значение имеют нематериальные активы, в частности, деловая репутация. В управление стоимостью бизнеса деловая репутация имеет в модели CFROI, которая относится к концепции управления стоимостью предприятия. Концепция управления стоимостью предприятия (Value Based Management, VBM) появилась в начале 80-х годов XX века.

В рамках данной концепции основной финансовой целью предприятия принимается рост его стоимостной ценности для собственников. Основной целевой функцией концепции управления стоимостью является максимизирование стоимости предприятия и в рамках стоимостного индикатора используются показатели, которые отображают результаты деятельности предприятия и могут влиять на ее долгосрочную эффективность.

В качестве нематериального актива может быть учтена только положительная деловая репутация, поэтому следует использовать понятие гудвилл. В настоящее время сложилось два основных подхода к определению стоимости гудвилла: формализованный и неформализованный. На основе анализа были выявлены условия применения, достоинства и недостатки как подходов в целом, так и относящихся к ним методов.

Необходимость оценки деловой репутации возникает в случаях:

– участие в тендерах (используются методы неформализованного подхода);
– купли/продажи (используются методы формализованного подхода);
– необходимости финансовой отчетности в соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности (используются методы формализованного подхода);
– ущерба деловой репутации (используются совокупность методов формализованного и неформализованного подходов).

Деловая репутация в России имеет более узкое понятие, нежели за рубежом, поэтому на основе анализа были определены основные элементы, формирующие деловую репутацию: качество товаров и услуг, квалификация высшего руководства и топ-менеджеров, конкурентоспособность предприятия, корпоративная культура, этика в отношении с внешними партнерами, финансовая устойчивость, маркетинговая политика, кредитная история, территориально-отраслевой престиж, материально-технические ресурсы, товарная марка, международная деятельность, длительность пребывания на рынке.

Деловая репутация, является уникальным активом, поскольку значится как фактором формирования, так и фактором влияния на стоимость бизнеса. В связи с этим, чтобы отразить взаимосвязь деловой репутации и стоимости бизнеса, была предпринята идея рассмотрения факторов между собой (рис. 2). Факторы стоимости бизнеса представлены на рисунке группами, в свою очередь, факторы, формирующие деловую репутацию, отражены подробно. Благодаря этому можно заметить, что абсолютно все факторы деловой репутации входят в сумму факторов стоимости бизнеса. Таким образом, можно заключить, что за счет управления и наращивания стоимости деловой репутации происходит увеличение стоимости бизнеса.

Изученный материал и полученные данные были применены на практике, в качестве примера была выбрано предприятие ООО «СТЭП Эксплуатация». В обслуживании предприятия находится 87 паровых и водогрейных котельных по Санкт-Петербургу и Ленинградской области, из них 13 объектов в доверительном управлении. В штате предприятия находится более 100 человек занятых в различных сферах. Предприятие является сертифицированным партнером 8 ведущих в данной сфере производителей.

Рассматривался вариант купли/продажи на дату 31 декабря 2016 года. На основе применения трех подходов получены разные значения стоимости бизнеса ООО «СТЭП Эксплуатация» по состоянию на 31.12.2016 [3]:

– доходный подход (метод дисконтированных денежных потоков) – 31 722,08 тыс. руб.;
– сравнительный подход (метод сделок) – 25 285,76 тыс. руб.;
– затратный подход (метод чистых активов) – 6 745 тыс. руб.



Рис. 2. Взаимосвязь факторов стоимости бизнеса и деловой репутации

Для сопоставления результатов необходимо на основе критериев сравнения определить количество соответствий и далее рассчитать средневзвешенное значение. К критериям сравнения относятся: соответствие целям оценки, соответствие необходимому виду стоимости, учет отраслевой принадлежности, учет рисков, достоверность и достаточность информации, учет перспектив развития бизнеса, учет особенностей специфики объекта оценки. Согласование итоговой величины стоимости бизнеса происходит экспертным путем на основе соответствия, в первую очередь, цели оценки и применяемому виду оцениваемой стоимости. Таким образом, рыночная стоимость бизнеса ООО «СТЭП Эксплуатация» по состоянию на 31.12.2016 составляет 23 287,72 тыс. руб.

Далее на основе методов формализованного подхода была оценена деловая репутация ООО «СТЭП Эксплуатация» [3]:

- балансовый метод – 16 542,72 тыс. руб.;
- метод избыточных прибылей – 440,95 тыс. руб.;
- метод на основе выручки (объема реализации) и рентабельности выручки – 1 066,82 тыс. руб.;
- метод избыточных ресурсов – 56,26 тыс. руб.

Разброс значений стоимости деловой репутации связан, в первую очередь, с тем, что в каждом отдельном методе учитывались разные факторы, влияющие на деловую

репутацию. В связи с тем, что метод на основе выручки (объема реализации) и рентабельности выручки и метод избыточных ресурсов рассчитываются на основе среднеотраслевых мультипликаторов, а наше предприятие является многопрофильным и работает в нескольких отраслях, то данные методы не будут учитываться в согласование результатов итоговой стоимости деловой репутации. Далее необходимо провести согласование результатов, аналогичным способом, что и в оценке стоимости бизнеса, т.е. рассчитать средневзвешенное значение. Стоимость деловой репутации ООО «СТЭП Эксплуатация» по состоянию на 31.12.2016 составляет 3 661,3 тыс. руб.

Таким образом, рекомендованная цена бизнеса с учетом деловой репутации 26 949,02 тыс. руб.

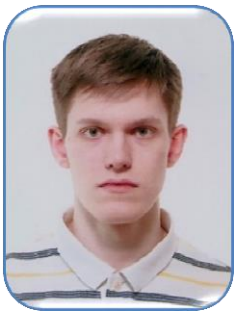
В рамках моделей VBM были разработаны рекомендации по использованию деловой репутации для увеличения стоимости бизнеса предприятия.

Деловая репутация отражает стабильность предприятия, доверие и общее позитивное отношение потребителей, а значит более стабильные положительные денежные потоки. Деловая репутация подразумевает готовность покупателя платить больше, т.е. сверх стоимости чистых активов продаваемого предприятия.

На основе выполненного исследования, можно сделать вывод, что в рамках концепции управления бизнеса предполагается активное использование деловой репутации, что подтверждает высказанное в работе утверждение о важности деловой репутации в формировании и управлении стоимостью бизнеса.

Литература

1. Приказ Минэкономразвития России от 01.06.2015 № 326 «Об утверждении Федерального стандарта оценки «Оценка бизнеса (ФСО № 8)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180654/, своб.
2. Ларченко А.П. Оценка бизнеса. Подходы и методы. – СПб.: PRTeam, 2008. – 59 с.
3. Финансовая отчетность за 2015–2016 гг. предприятия ООО «СТЭП Эксплуатация».



Бакштай Даниил Павлович
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра маркетинга и коммуникаций, группа № U4267
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: a40560561298@gmail.com

УДК 339.138

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИДЕНТИЧНОСТИ БРЕНДОВ ИНТЕЛЛЕКТОЕМКИХ ПРОЕКТОВ

Бакштай Д.П.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Соловьева Д.В.

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».

На конец 2016 года на территории РФ действовало более 370 тыс. товарных знаков [1]. Стоимость услуг брендинговых агентств исчисляется сотнями тысяч рублей [2] – величина, конечно, относительная, но, тем не менее, внушительная. Огромный риск, который берут на себя лица принимающие решения, обратиться за услугой по разработке бренда, не поддается исчислению ни в одной единице измерения. Идентичность бренда (ИБ), как ключевое понятие бренд менеджмента содержит в себе самое источник силы бренда – его возможность объединять с товаром, который вне бренда был бы просто вещью, ценности и стремления людей. Существующие модели идентичности бренда (МИБ) не позволяют осуществлять долгосрочное управление ее значениями. Эта ситуацию приводит к изменчивости методологии от агентства к агентству и от проекта к проекту. Изменчивость не позволяет сравнивать результаты разных проектов, растет имплицитность и экспертность процессов разработки брендов.

Таким образом, актуальность темы работы выражена не только интеллектоемкостью областей применения разработок, но и острой нехваткой в развитии методологического аппарата теории бренд-менеджмента.

Цель работы состоит в разработке метода анализа ИБ, пригодного к использованию на интеллектоемких проектах. Достижение поставленной цели потребует выполнение ряда задач:

1. уточнить понятийный аппарат в категориях «бренд» и «интеллектоемкость»;
2. исследовать типологию МИБ;
3. разработать модель системы управления бренд-менеджментом;
4. разработать метод анализа ИБ на основе модели идентичности;
5. апробировать разработку для оценки применимости в интеллектоемких проектах.

Научная новизна работы заключается в следующих объектах:

1. сформулировано определение понятия «бренд»;
2. предложена классификация рыночных субъектов по признаку интеллектоемкости;
3. разработана модель взаимоотношений между капиталом бренда и функциями бренда для потребителей;
4. разработана классификация МИБ по признаку назначения;
5. разработана модель системы управления бренд-менеджментом, позволяющая рассмотреть ИБ с позиций долгосрочного управления брендом;
6. разработана аналитическая МИБ;
7. разработан метод анализа ИБ.

Объектом исследования являются организации, осуществляющие интеллектоемкую деятельность и процессы разработки, оценки, управления брендами. Предметом работы являются теоретические, методологические и прикладные вопросы, связанные с систематизацией разработки, оценки и управления брендами.

В результате семантического анализа понятия «бренд» было установлено, что это индивидуально развивающийся образ товара/компании, целенаправленно спроектированный с целью влияния на поведение его целевых аудиторий. Данное определение является новым и, в отличие от рассмотренных в главе, отражает динамичность развития бренда в сознании потребителей. Полезность такого взгляда на бренд обусловлена повышенным вниманием к этапу разработки бренда, в то время как долгосрочное управление им требует контроля над результатом многочисленных проявлений бренда в действительности – восприятием аудиторий.

Было установлено, что для интеллектоемких видов деятельности знания и информация, умения и опыт являются основными факторами производства, создающими ценность. Таким образом, были приняты следующие критерии отнесения

организаций/проектов к интеллектоемким: преобладание творческого/умственного труда ОПР и НМК как источника конкурентоспособности.

Рассмотрен перечень наиболее известных МИБ и произведена их классификация по признаку назначения, т.е. применимости к решению тех или иных управленческих задач бренд-менеджмента (табл. 1). Новизна данного подхода обеспечивается как классификационным признаком, так и критериями классификации. Полезность классификации определяется тем, что с ее помощью были обнаружены пробелы в методологическом арсенале теории бренд-менеджмента. Так, было установлено, что большинство МИБ разрабатываются для решения задач в рамках создания бренда, но не предполагают использование для анализа результатов бренд-менеджмента в динамке. Такая тенденция продиктована спецификой деятельности разработчиков МИБ: это маркетинговые агентства, основная деятельность которых характеризуется как проектная, т.е. направленная на создание конченого результата в установленный промежуток времени. Основными направлениями развития теории бренд-менеджмента, таким образом, является разработка аналитических МИБ.

Таблица 1. Классификация МИБ по признаку назначения

МИБ	Классы моделей					
	Дидактические	Креативные	Аналитические			
	Критерии классификации					
	1	2	3	4	5	6
	Отражение источников ИБ	Содержание алгоритма разработки ИБ	Определение методов, инструментов, техник исследований	Учет влияния ИБ на другие маркетинговые объекты	Пригодность для оценки изменения капитала бренда	Содержание алгоритма управления брендом
Д. Аакер	1	1	0	0	0	0
Ж.-Н. Капферер	1	1	0	0	0	0
Т. Гэд	1	1	0	0	0	0
Bates Worldwide – «Колесо бренда»	1	1	0	0	0	0
Young & Rubicam – «Brand Platform»	1	1	0	0	0	0
Unilever – «Brand Key»	1	1	0	0	0	0

В результате анализа установленных направлений развития методологического аппарата теории бренд-менеджмента, была разработана модель системы управления бренд-менеджментом. Модель позволяет рассмотреть ИБ с позиций долгосрочного управления всей концепцией бренда: учитывает взаимосвязь бренда и его товарного портфеля, взаимное влияние стратегии расширения бренда и стратегии развития бизнеса в целом, отражена коллаборация между различными брендами в портфеле организации. Также важным достижением разработки концепции является описание дихотомических отношений между ИБ и результирующим образом в сознании представителей его аудиторий.

Разработана МИБ, функционал которой заключается не в определении конечного перечня источников ассоциаций бренда и их структурная репрезентация, а в разработке метода и инструментария контроля отклонений имиджа бренда в сознании его аудиторий от спроектированной системы значений бренда. В соответствии с разработанной концепцией управления бренд-менеджментом, отправной точкой и координирующим ядром системы является ИБ. Мы полагаем, что, для целей анализа состояния бренда, сущность МИБ заключается не в определении конечного перечня источников ассоциаций бренда и их структурная репрезентация, а в разработке метода и инструментария контроля отклонений имиджа бренда в сознании его аудиторий от спроектированной системы значений бренда. Так, мы выделяем следующие показатели анализа:

1. ИБ – атрибуты бренда;
2. ИБ – продукты;
3. ИБ – свойства продукта;
4. свойства продукта – ситуации использования;
5. ситуации использования – потребности.

Например, анализ соответствия ИБ атрибутам бренда мы предлагаем производить с использованием матрицы, приведенной в табл. 2.

Таблица 2. Форма анализа соответствия ИБ его атрибутам

		ИБ									
		Значение 1	Значение 2	Значение 3	Значение 4	Значение 5	Значение 6	Значение 7	Значение 8	…	Значение n
Атрибуты бренда	Атрибут 1										
	Атрибут 2										
	Атрибут 3										
	Атрибут 4										
	…										
	Атрибут *n*										

В полях отражаются значения, причем как входящие в идентичность, так и нет. В записях отражаются атрибуты бренда, которые необходимо оценить. Здесь и далее в качестве значений идентичности мы будем использовать значения из пяти групп личностных черт Д. Аакера [3]. Сбор информации осуществляется методом глубинного интервью на этапах, где это указано, и анкетирования потребителей, при помощи формы, имеющей вид, как представлено в табл. 3.

Таблица 3. Форма анкеты для фиксации ответов респондентов

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение 1											
Значение 2											
Значение 3											
Значение 4											

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение 5											
Значение 6											
…											
Значение *n*											

Респонденту предлагается оценить соответствие стимуляционного материала, отражающего атрибуты бренда перечисленному в записях списку значений бренда в категориях личностных черт Д. Аакера. Для оценки используется одиннадцатиразрядная шкала Лайкерта, где 0 – наиболее всего соответствует и 10 – абсолютно не соответствует. Далее производится оценка соответствия по формуле:

$$C = \frac{\sum Q \times S}{n},$$

где S – оценка значения i; Q – количество наблюдений, соответствующих оценке S; n – общее число наблюдений.

Расчет производится по каждому значению. Результаты заносятся в форму анализа соответствия. Чем ближе результат по i-тому значению к нулю – тем ближе связь между атрибутом и данным значением, тем лучше атрибут выражает тот или иной смысл.

Практическая значимость предложенного метода и комплекса моделей проверена в ходе эмпирического исследования. Результаты разработок могут быть применены в управлении брендами интеллектоемких проектов. Дальнейшие направления развития предложенного метода считаем целесообразными с позиций расширения показателей анализа для использования в деятельности различных рыночных субъектов, в том числе некоммерческих организаций, общественных объединений. Также считаем целесообразным разработку информационной модели управления брендами в части формализации процессов коммуникации, координации и контроля, определение структуры базы данных и формата обмена данными для построения системы информационного обеспечения принятия управленческих решений в предметной области бренд-менеджмента [4–6].

Литература

1. ОТЧЕТ о деятельности Роспатента за 2016 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rupto.ru/about/reports/2016/otchet_2016_ru.pdf, своб.
2. Исследование «Стоимость брендинговых услуг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://russianbranding.ru/private/uploads/05-31-2017_09-54-09_Исследование%20стоимости%20услуг.pdf, своб.
3. Аакер Д. Аакер о брендинге. 20 принципов достижения успеха / Пер. с англ. Е. Тихомировой. – М.: Эксмо, 2016. – 260 с.
4. Выготский Л.С. Мышление и речь. Психологические исследования. – М.: Государственное социально-экономическое издательство, 1934. – 323 с.
5. Домнин В.Н. Идентичность бренда – ключевое понятие бренд-менеджмента // Бренд-менеджмент. – 2009. – № 5. – С. 266–281.
6. Капферер Ж.-Н. Бренд навсегда: создание, развитие, поддержка ценности бренда / Пер. с англ. Е.В. Виноградовой; под общ. ред. В.Н. Домнина. – М.: Вершина, 2007. – 448 с.



Боримова Анна Александровна
Год рождения: 1994
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра фотоники и оптоинформатики, группа № V4200
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: any-any9408@mail.ru

УДК 535.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СУПЕРКОНТИНУУМА В СТРУЕ ОКСИДА ДЕЙТЕРИЯ И ЭТАНОЛА

Боримова А.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Цыпкин А.Н.

О явлении генерации спектрального суперконтинуума (ССК) при взаимодействии сверхкоротких импульсов с веществом известно еще с начала 70-х годов [1]. Генерация ССК исследовалась в различных средах: газах и жидкостях; прозрачных диэлектриках и полупроводниках; кварцевых и микроструктурированных волноводах. Сверхширокополосное излучение суперконтинуума находит применение в таких областях как когерентная томография, нелинейная микроскопия и биомедицина, в системах генерации сверхкоротких световых импульсов, системах сверхбыстрой передачи информации такими импульсами, спектроскопии «накачка-зондирование» («pump-probe») и др.

Использование жидкостей в качестве нелинейной среды для генерации ССК позволяет получать широкополосное излучение с более высокой интенсивностью и более короткой длительностью, чем, например, в микроструктурированных волокнах, что дает возможность повышать разрешение в установках когерентной томографии и спектроскопии «накачка-зондирование», увеличивать дальность передачи информации посредством ССК и т.п. Однако обычно жидкости помещают в кюветы, что приводит к увеличению длительности выходного импульса из-за дополнительного вклада окон кюветы в общую хроматическую дисперсию, а также при увеличении интенсивности накачки, возможно их повреждение. Недавно было проведено исследование, посвященное генерации ССК в струе воды [2]. Был получен суперконтинуум простирающийся от 350 до 1400 нм с интенсивностью порядка 10^{11} Вт/см^2. Для того, чтобы повысить интенсивность и увеличить ширину ССК, которая ограничивается пиками поглощения воды в ИК-области спектра, необходимо использовать жидкости, с большим чем у воды нелинейным показателем преломления и большим окном прозрачности. Такими жидкостями являются, например, этанол и оксид дейтерия.

Целью работы было исследовать генерацию спектрального суперконтинуума в струях жидкостей: оксид дейтерия (D_2O) и этанол (C_2H_5OH).

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведено численного моделирования генерации ССК в оксиде дейтерия и этаноле;
- проведены экспериментальные измерения ССК в оксиде дейтерия и этаноле;
- определены параметры ССК (эффективность генерации, длительности и интенсивности) по результатам численного моделирования и экспериментальных данных.

Для описания сверхуширения спектра фемтосекундного светового импульса в диспергирующей диэлектрической среде с электронной и рамановской нелинейностями в настоящей работе использована система уравнений [3]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial E}{\partial z} - a\dfrac{\partial^3 E}{\partial \tau^3} + b\int\limits_{-\infty}^{\tau} E dt' + gE^2\dfrac{\partial E}{\partial \tau} + \dfrac{\partial}{\partial \tau}(R_\upsilon E) = 0 \\ \dfrac{\partial^2 R_\upsilon}{\partial t^2} + \dfrac{2}{T_\upsilon}\dfrac{\partial R_\upsilon}{\partial t} + \omega_\upsilon^2 R_\upsilon = \gamma_\upsilon E^2, \end{cases} \quad (1)$$

где E – электрическое поле световой волны; z – пространственная координата, вдоль которой распространяется излучение; t – время; c – скорость света в вакууме; $\tau=t-(N_0/c)z$ − время в движущейся системе координат; g − параметр керровской нелинейности, связанный с коэффициентом нелинейного показателя преломления соотношением $g=2n_2/c$; R_υ − параметр, ответственный за нелинейность электронно-колебательной (рамановской) природы; T_υ, ω_υ, γ_υ − параметры среды, характеризующие дисперсию нелинейного поляризационного отклика электронно-колебательной природы, а параметры N_0, a, b – эмпирические константы дисперсии показателя преломления среды:

$$n(\omega) = N_0 + ca\omega^2 - cb\omega^{-2}. \quad (2)$$

Данная математическая модель заложена в программе LBullet, в которой проводилось численное моделирование.

Параметры исследуемых сред, используемых при моделировании приведены в таблице.

Таблица. Используемые при численном моделировании параметры этанола и оксида дейтерия [4, 5]

Параметр	Этанол	Оксид дейтерия
n_2, см^2/Вт	$5{,}0\times10^{-16}$	$6{,}4\times10^{-16}$
N_0	1,37	1,33
a, с^3/см	$4{,}84\times10^{-43}$	$1{,}04\times10^{-43}$
b, 1/(с×см)	$6{,}64\times10^{17}$	$9{,}94\times10^{17}$
T_υ, фс	300	100
ω_υ, ТГц	90	75

На рис. 1 приведены результаты численного моделирования генерации ССК в этаноле (рис. 1, а) и оксиде дейтерия (рис. 1, б) для интенсивностей накачки $2{,}5\times10^{12}$ Вт/см^2 и $5{,}0\times10^{12}$ Вт/см^2. Из рис. 1, а видно, что согласно расчетам ССК простирается от 400 нм до 1600 нм, имеет платообразную форму в диапазоне 700–950 нм (черная линия) и 700–1000 нм (красная линия) для этанола, а при увеличении интенсивности накачки происходит перекачка энергии в видимую и ИК-области спектра излучения ССК. На рис. 1, б показаны результаты численного моделирования генерации ССК в оксиде дейтерия. Из рисунка видно, что по результатам моделирования ССК простирается от 350 нм до 1700 нм, имеет платообразную форму в диапазоне 600–900 нм (зеленая линия) и 600–1150 нм (оранжевая линия), а при увеличении интенсивности накачки происходит перекачка энергии в ИК-область спектра излучения ССК.

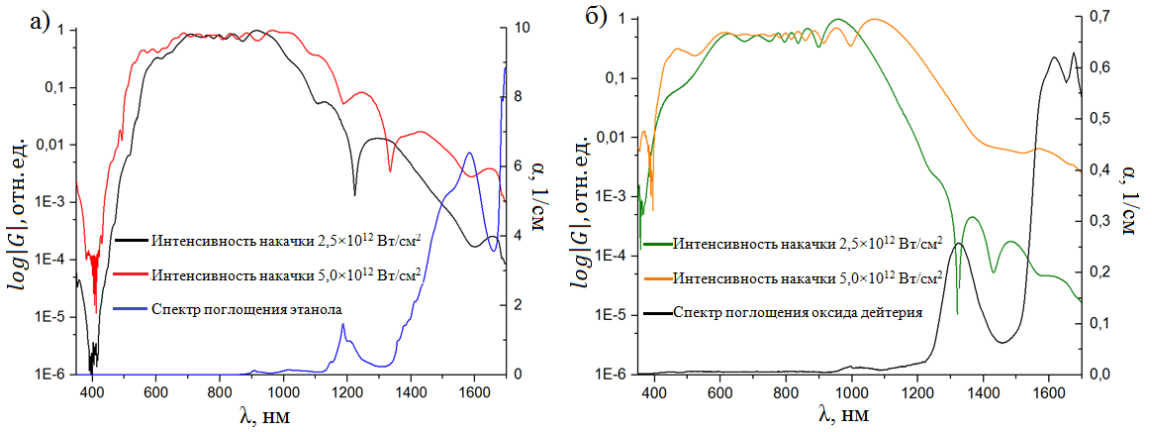


Рис. 1. Результаты численного моделирования генерации ССК в этаноле (а) и оксиде дейтерия (б) при входной интенсивности излучения $2{,}5\times10^{12}$ Вт/см^2 и $5{,}0\times10^{12}$ Вт/см^2. *G* − спектральная плотность излучения; α – коэффициент поглощения, 1/см

Для экспериментального исследования генерации ССК в струях этанола и оксида дейтерия использовалась лазерная фемтосекундная система на основе регенеративного усилителя Regulas 35F1K (Avesta Project) со следующими параметрами: длительность импульса 30 фс, энергия импульса до 2,2 мДж, частота повторения до 1 кГц, центральная длина волны 800 нм. Фемтосекундное излучение фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 10 см в струю жидкости толщиной 1,8 мм, расположенной на расстоянии 4 мм перед точкой фокусировки. Расположение среды перед точкой фокусировки позволило увеличить эффективность преобразования излучения накачки в излучение ССК. Полученное излучение ССК коллимировалось 5 см кварцевой линзой. Спектр ССК анализировался с помощью спектрометров ASP-100M (Avesta Project спектральный диапазон 200–1000 нм) и EPP-2000-NIR (StellarNet Inc, спектральный диапазон 900–1700 нм).

На рис. 2 показаны экспериментальные результаты генерации ССК в струе этанола и оксида дейтерия в зависимости от плотности мощности излучения накачки.

Из рис. 2(I) видно, что при интенсивности накачки свыше $5{,}5\times10^{12}$ Вт/см^2 наступает режим филаментации в этаноле, что определялось по одновременному уширению спектра от 400 до 1600 нм. Спектр генерируемого в струе этанола ССК имел ярко выраженные компоненты на фундаментальной частоте и в ИК-области (900–1200 нм) и простирался от 400 нм до 1600 нм (рис. 2(I)). Из рис. 2(II) видно, что при интенсивности накачки свыше $5{,}0\times10^{12}$ Вт/см^2 наступает режим филаментации в оксиде дейтерия, что определялось по одновременному значительному уширению спектра от 350 до 1700 нм. При дальнейшем увеличении плотности мощности накачки, в излучении ССК формировались компоненты в сине-зеленой (350–550 нм) и инфракрасной областях (900–1000 нм, 1300–1600 нм) спектра, а излучение на фундаментальной частоте практически перекачивалось в излучение ССК. Но при увеличении интенсивности свыше $5{,}0\times10^{13}$ Вт/см^2 происходило разрушение струи, и формировался лазерный филамент в воздухе.

Из результатов численного моделирования было определено, что длительность генерируемого ССК на выходе из среды составляла 100 фс для этанола и 120 фс для оксида дейтерия при интенсивности накачки $2{,}5\times10^{12}$ Вт/см^2. Объединив данные, полученные из результатов численного моделирования и экспериментальных данных по формуле (3) можно посчитать интенсивность ССК.

$$I = \frac{4P}{\nu\tau\pi d^2}, \qquad (3)$$

где P – мощность ССК при определенной мощности накачки; ν – частота повторения импульсов; τ – длительность ССК при заданной мощности накачки; d – диаметр перетяжки.

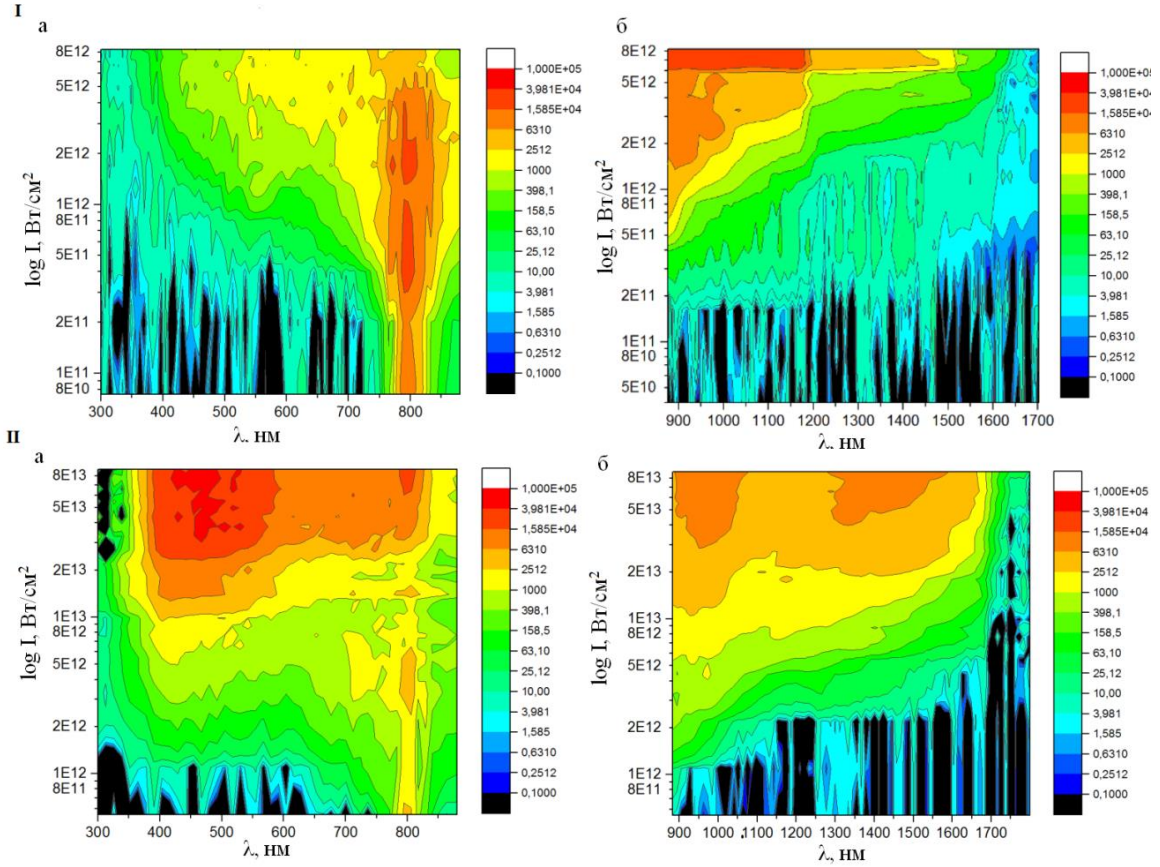


Рис. 2. Экспериментальные результаты генерации ССК в струе этанола (I) и оксида дейтерия (II): спектральная плотность суперконтинуума, измеренная спектрометром ASP-100M (а); спектральная плотность суперконтинуума, измеренная спектрометром EPP-2000-NIR (б). Справа от рисунка дана цветовая шкала интенсивности спектральной плотности в логарифмическом масштабе

При этом, интенсивность ССК при фокусировке линзой 5 см составляет $5{,}8\times10^{11}$ Вт/см^2 и $6{,}6\times10^{11}$ Вт/см^2 для этанола и оксида дейтерия соответственно. Так же была определена эффективность преобразования излучения накачки в излучение ССК, которая составила для этанола 60%, а для оксида дейтерия 70%.

В результате численного моделирования и экспериментов была продемонстрирована эффективная генерация ССК в струях оксида дейтерия и этанола шириной до 2,5 октав. Показано, что более высокий коэффициент нелинейного показателя преломления и более широкий диапазон прозрачности позволили получить более широкий и высокоинтенсивный ССК по сравнению с ССК, полученным в аналогичных условиях в воде [2]. С увеличением мощности возбуждающего излучения происходила перекачка излучения в сине-зеленую и ИК-области спектра. Показано, что спектр генерируемого в струе тяжелой воды излучения на 30%, а в струе этилового спирта на 12% шире суперконтинуума, наблюдавшегося в аналогичных условиях ранее в струе воды [2]. Полученные результаты могут быть использованы для целого ряда применений, таких как «pump-probe» спектроскопия, когерентная томография и телекоммуникационные технологии.

Литература

1. Alfano R.R., Shapiro S.L. Emission in the region 4000 to 7000 Å via four-photon coupling in glass // Phys. Rev. Lett. – 1970. – V. 24. – № 11. – P. 584–587.
2. Tcypkin A.N., Putilin S.E., Melnik M.V., Makarov E.A., Bespalov V.G. and Kozlov S.A. Generation of high-intensity spectral supercontinuum of more than two octaves in a water jet // Applied Optics. – 2016. – V. 55. – № 29. – P. 8390–8394.
3. Bespalov V.G., Kozlov S.A., Shpolyanskiy Yu.A., Walmsley I.A. Simplified field wave equations for the nonlinear propagation of extremely short light pulses // Physical Review A. – 2002. – V. 66. – № 1. – P. 013811.
4. Kedenburg S., Vieweg M., Gissibl T., and Giessen H. Linear refractive index and absorption measurements of nonlinear optical liquids in the visible and near-infrared spectral region // Opt. Mater. Express. – 2012. – V. 2. – № 11. – P.1588–1611.
5. Weber M. Handbook of Optical Material. – USA: CRC Press, 2003. – 499 p.



Бурцева Анастасия Александровна
Год рождения: 1992
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № В4200
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: nastyaburtseva@inbox.ru

УДК 535.31

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВНЕСЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИСКАЖЕНИЯ В ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Бурцева А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежова К.В.

С проецированием на неплоские поверхности (поверхности сложной геометрии) можно встретиться на мультимедийных выставках, где изображения проецируются на поверхности различной формы. Проецирование на неровную, а именно сферическую, поверхность также встречается в планетариях. В последнее время стали очень популярны так называемые мэппинг-шоу (от англ. «mapping» – «отражение», «проецирование») – фото или видео проекция на физический объект окружающей среды с учетом его геометрии и местоположения в пространстве [1, 2].

Для обеспечения наибольшего соответствия спроецированного изображения исходному кадру, необходимо выявить все искажения, возникающие при проецировании в изображения и определить причину их появления. Зная характер возникающих искажений можно получить их математическое описание, а именно связь координат точек исходного изображения и соответствующих точек его проекции.

Проецирование изображения в мэппинг-шоу осуществляется проекционным объективом, установленным в случайном месте, подходящем для размещения используемой аппаратуры. При этом в каждом новом шоу расположение проектора относительно поверхности проецирования будет отличаться от предыдущего. Поэтому помимо геометрии поверхности проецирования необходимо учесть искажения, вызванные конкретным проекционным объективом и его расположением [2].

При проецировании на неплоские поверхности возникает три типа искажений:
- искажения изображения, обусловленные геометрией поверхности, на которую проецируется изображение;
- искажения, обусловленные нарушением ортоскопии системы «плоскость проецирования – проекционный объектив»;
- искажения, обусловленные используемым проекционным объективом.

Для наибольшего соответствия спроецированного изображения оригиналу, необходимо скомпенсировать возникающие искажения.

Форма поверхности проецирования вносит в проецируемое изображение геометрические искажения. Для определения характера возникающих искажений необходимо спроецировать объект на поверхности различной формы. В качестве тестового объекта используется решетка Аббе, что позволяет обеспечить большую наглядность возникающих искажений.

Геометрические искажения проявляются в нарушении параллельности или перпендикулярности прямых линий, а также в их искривлении и зависят от характера и параметров используемой поверхности.

Следует отметить, что на практике, полученные на экране изображения будут в некоторой степени отличаться от изображений, полученных посредством моделирования. Наиболее явно различия выражены на поверхностях, имеющих радиус кривизны. К тому же визуальное восприятие изображения будет различным, в зависимости от точки наблюдения, а также будет отличаться от изображения, полученного путем компьютерного моделирования проецирования изображения. Это необходимо учесть при математическом моделировании искажений и за основу брать спроецированные на практике изображения, так как они наиболее точно показывают характер изменения изображения [3].

На основе проведенного исследования был определен математический аппарат, описывающий возникающие геометрические искажения при проецировании на неплоские поверхности. Новые координаты точек изображения при проекции на поверхности с углом рассчитываются по выражениям [3]:

$$x' = x,$$
$$y' = y + \Delta y.$$

При этом Δy будет равен:

$$\Delta y = \tan\alpha \cdot x.$$

Для поверхностей с радиусом кривизны [3]:

$$x' = x,$$
$$y' = y - \left(R - \sqrt{(l-x)^2 + (R-\Delta y)^2}\cos\left(\arctan\frac{l-x}{R-\Delta y}\right)\right).$$

Максимальное изменение координат по оси Y находится как стрелка прогиба линии заданного радиуса (R) и ширины изображения (l):

$$\Delta y = |R| - \sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}}.$$

В случае, расположения поверхности проецирования под наклоном, искажения описываются выражениями [3]:

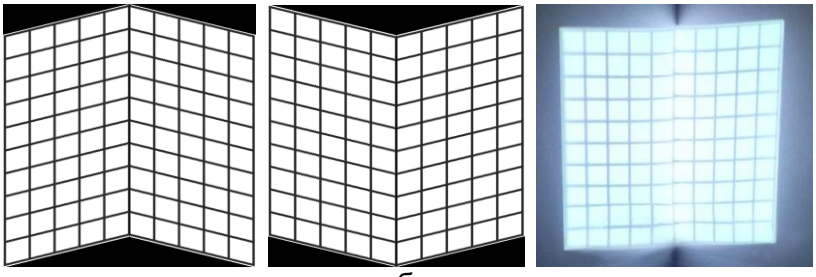
$$x' = x - \Delta x,$$
$$y' = y.$$

Изменение координат по оси X:

$$\Delta x = \tan\beta(h - y).$$

Смоделированные искажения по полученной математической модели позволяют подтвердить правильность описания возникающих искажений, а также подтвердить возможность их компенсации посредством внесения обратных искажений в

изображения. На рис. 1 приведены результаты моделирования искажений, внесения обратных компенсационных искажений и проецирования для поверхности с вогнутым углом 90°.



а б в

Рис. 1. Компенсация геометрических искажений: моделирование искажений для вогнутого угла (а); внесение обратных искажений (б); результат проецирования (в)

При отклонении оптической оси проекционного объектива от перпендикуляра к плоскости проекции, проецируемое изображение претерпевает перспективные искажения. Перспективные искажения изображения проявляются в нарушении пропорций проецируемого изображения при его визуальном восприятии.

Так как при подготовке изображений к проецированию, искажения, вызванные неровностями поверхности экрана, устраняются отдельно, то будем говорить только о линейной перспективе, проявляющейся в разном масштабе частей изображения.

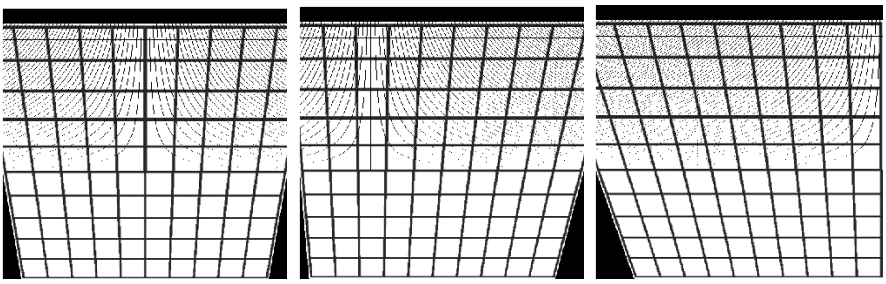
Перспективные искажения при проецировании в мэппинг-шоу возникают, как правило, при установке проектора под углом к поверхности экрана по одной или двум осям координат и зависят от величины угла и расстояния от объектива до экрана. Кроме того, проектор создает центральную проекцию исходного изображения, в которой все проецирующие лучи проходят через одну точку.

Таким образом, зная угол, под которым расположен проектор к экрану, а также расположение его относительно плоскости изображения, можно получить математическую модель возникающих искажений и использовать ее для предварительной обработки изображения перед проецированием [4]:

$$u = \frac{u_1}{v_1 r \sin\alpha + 1}, v = \frac{v_1 \cos\alpha}{v_1 r \sin\alpha + 1},$$

где u_1 и v_1 – координаты каждого пикселя исходного изображения; u и v – координаты каждого пикселя спроецированного изображения.

Результат моделирования перспективных искажений представлен на рис. 2.



а б в

Рис. 2. Результаты моделирования перспективных искажений тестового изображения при разном расположении проекционного объектива: в середине изображения (а); на расстоянии равному ¼ от ширины экрана (б); по правому краю экрана (в)

К искажениям, обусловленным используемым проекционным объективом относится дисторсия оптической системы.

При проецировании в мэппинг-шоу соблюдать центрированность системы не представляется возможным, поэтому необходимо рассмотреть основные виды

дисторсии, характерные для нецентрированной оптической системы. Для описания искажений возникающих в результате влияния дисторсии проекционного объектива целесообразно использование разложения дисторсии по полиномам Цернике, которое позволяет разложить аберрации оптической системы по предметным координатам.

Для возможности использования предлагаемого подхода при аттестации проекционных объективов и компенсации дисторсии необходимо решение прямой и обратной задачи. На первом этапе необходимо решить прямую задачу моделирования дисторсии в общем случае, для получения математического аппарата, описывающего влияние коэффициентов дисторсии на формирование изображения и смещение узлов сетки в поперечном направлении.

Описание с использованием синусных и косинусных полиномов Цернике позволит смоделировать картины дисторсии проекционного объектива по измеренным отклонениям узлов тестового изображения.

Связь поперечных смещений узловых точек тестового объекта и коэффициентов разложения дисторсии определяется выражениями [5]:

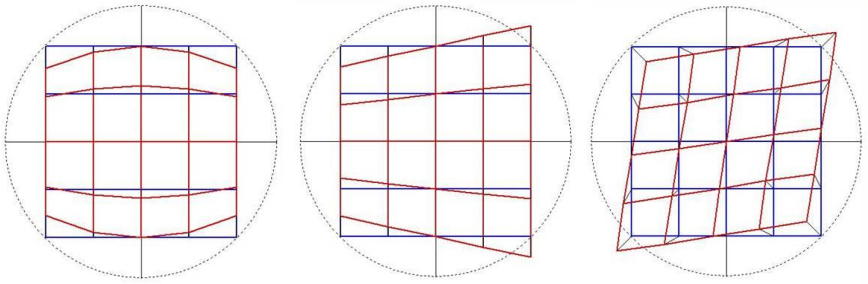
$$\Delta X' = \frac{\lambda}{NA} k_{SC} P_x CS_x,$$

$$\Delta Y' = \frac{\lambda}{NA} k_{SC} P_y CS_y,$$

где λ – длина волны; NA – числовая апертура; k_{SC} – коэффициент масштабирования; P_x и P_y – матрицы полиномов; CS_x и CS_y – векторы синусных и косинусных коэффициентов.

Координаты каждой точки на изображении определяются как сумма координаты точки неискаженного изображения и величины смещения этой точки [5].

Моделирование картины дисторсии проекционного объектива позволяет подтвердить корректность математического описания возникающих искажений. Результаты моделирования приведены на рис. 3.



а б в

Рис. 3. Картины дисторсии: нецентрированная (а); анаморфированная (б); параболическая (в)

Решение обратной задачи позволит получить описание дисторсии конкретного проекционного объектива по измеренным отклонениям узловых точек и учитывать эти данные при предварительной обработке проецируемого изображения с целью компенсации дисторсии объектива.

Решение задачи, обратной моделированию дисторсии проекционного объектива, а именно, определение коэффициентов разложения, позволит в дальнейшем внести в изображение искажения, соответствующие этим коэффициентам.

На основании полученных результатов, можно сделать выводы, что внесение обратного искажения позволяет скорректировать искажения, возникающие при проецировании на неплоские поверхности и повысить качество изображения при его визуальном восприятии.

Разработка математической модели всех искажений, влияющих на форму спроецированного изображения, позволяет автоматизировать подготовку

изображения к проецированию и учесть не только геометрию поверхности проецирования, но и применяемое при проецировании оборудование, а также его расположение в пространстве относительно поверхности проецирования.

Литература

1. Верди В. О меппинге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wbalance.ru/mapping/, своб.
2. Этапы создания трехмерных лазерных шоу // Деловая газета Тольятти Понедельник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ponedelnik.info/from-partners/etapy-sozdaniya-trekhmernykh-lazernykh-shou, своб.
3. Бурцева А.А., Ежова К.В. Геометрические искажения изображений, наблюдаемые на поверхностях сложной геометрии // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 1. – С. 208–210.
4. Блинников А.А., Бойков В.И., Булатов В.В., Кульчицкий А.А., Спорягин А.В. Коррекция искажений перспективы в системе технического зрения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 4. – С. 89–93.
5. Ежова К.В. Автоматизация коррекции фотограмметрической дисторсии проекционных оптических систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 23 с.



Волгина Доминика-Ольга Антоновна
Год рождения: 1992
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптический физики и современного естествознания, группа № V4235
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: dominica_volgina@mail.ru

УДК 535.37 + 535.56

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УПОРЯДОЧЕННЫХ АНСАМБЛЕЙ НАНОКРИСТАЛЛОВ ХАЛЬКОГЕНИДОВ КАДМИЯ

Волгина Д.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Ушакова Е.В.

Работа выполнена в рамках тем НИР: № 713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур»; № 370063 «Исследование модификации оптических откликов полупроводниковых и металлических наночастиц при их взаимодействии в упорядоченных ансамблях»; № 330525 «Разработка новых систем хиральных квантовых точек и их применение».

Введение. Нанокристаллы (НК) CdSe являются одними из наиболее хорошо изученных полупроводниковых квантовых систем. В таких системах носители заряда, как электроны, так и дырки, ограничены во всех трех направлениях, из-за чего оптические свойства сильно зависят от размера и формы частиц. Уникальные оптические, электронные, магнитные и механические свойства НК делают их идеальными строительными блоками для различных функциональных материалов.

Также как НК проявляют свойства отличные от свойств макроскопического образца, их упорядоченные ансамбли проявляют «коллективные» свойства, которые могут значительно отличаться от свойств индивидуальных НК. Простым и дешевым методом получения ансамблей коллоидных НК, упорядоченных в сверхрешетки с заданной морфологией, является самоорганизация [1, 2]. На настоящий момент опубликовано множество работ по созданию материалов нового поколения методом «снизу–вверх» посредством самоорганизации НК с предварительно запрограммированной функциональностью благодаря модификации поверхности НК органическими молекулами разных типов [3]. Показано, что процесс самоорганизации зависит от множества факторов и обусловлен как межчастичным взаимодействием, так и влиянием окружающей среды. Однако один из ключевых аспектов процесса самоорганизации НК, которыми являются динамика сборки НК в структуры и влияние на этот процесс различных факторов, не до конца изучен. Наряду с этим получение новых наноструктурированных материалов и установление зависимостей их оптических откликов от морфологии результирующей структуры являются актуальными для современного материаловедения.

Данная работа направлена на исследование процесса самоорганизации коллоидных квантовых точек (КТ) халькогенидов кадмия на стеклянной подложке, а также изучение морфологии и оптических свойств, которыми организованные структуры обладают.

Основными методами исследования в работе являлись спектроскопия поглощения и люминесценции, а также поляризационная, конфокальная и сканирующая лазерная флюоресцентная микроскопия.

Исследуемые образцы. В работе исследовались суперструктуры, полученные при самоорганизации КТ путем медленного испарения насыщенного коллоидного раствора на стеклянной подложке. Были рассмотрены КТ двух типов:

1. коллоидные полупроводниковые КТ CdSe типа «ядро», стабилизированные оболочкой из молекул олеиновой кислоты (ОК) и диспергированные в растворе тетрахлорметана. Были использованы КТ с размерами 4,0, а также 3,1 и 2,1 нм, экситонные полосы поглощения приходятся на 585, 553 и 464 нм соответственно;
2. коллоидные градиентные полупроводниковые КТ смешанного состава.

$Cd_{1-x}Zn_xSe/ZnS$, стабилизированные оболочкой из молекул ОК или ЦТАБ (цетилтриметиламмония бромид) и диспергированные в нонане, экситонная полоса поглощения приходится на 464 нм.

Результаты экспериментов. Исследования показали, что образованные суперструктуры представляли собой многогранники, форма верхней грани «плоских» суперкристаллов (СК) могла быть вписана в правильный шестиугольник, т.е. представляла собой многоугольник с тремя парами параллельных сторон и внутренними углами 120°. Под плоскими мы понимаем СК, верхняя грань которых параллельна плоскости подложки, а боковые грани – перпендикулярны (рис. 1 а, б).

Процесс роста СК схож с обычными кристаллами и происходит следующим образом: первым этапом происходит гомогенная нуклеация при испарении растворителя из коллоидного раствора КТ, при которой образуется СК, представляющий собой плоский слой, а затем происходит гетерогенная нуклеация, представляющая собой послойное нарастание КТ поверх шаблона – СК, образованного на первом этапе. При этом в зависимости от концентрации свободных

КТ в капле, может наблюдаться как равномерный послойный рост СК, так и утолщение по периметру (рис. 1 в, г). Также был изучен процесс самоорганизации КТ разных размеров, а именно 2,1 и 3,1 нм. Было показано, что при использовании бинарной смеси КТ при наличии молекул ОК на поверхности и в растворе смеси КТ СК образовывались лишь из КТ большего размера (3,1 нм), которые характеризуются меньшей размерной дисперсией, т.е. наблюдалась размерная селекция. Форма образовавшихся СК полностью повторяла ранее полученную для СК из КТ диаметром 4,0 нм.

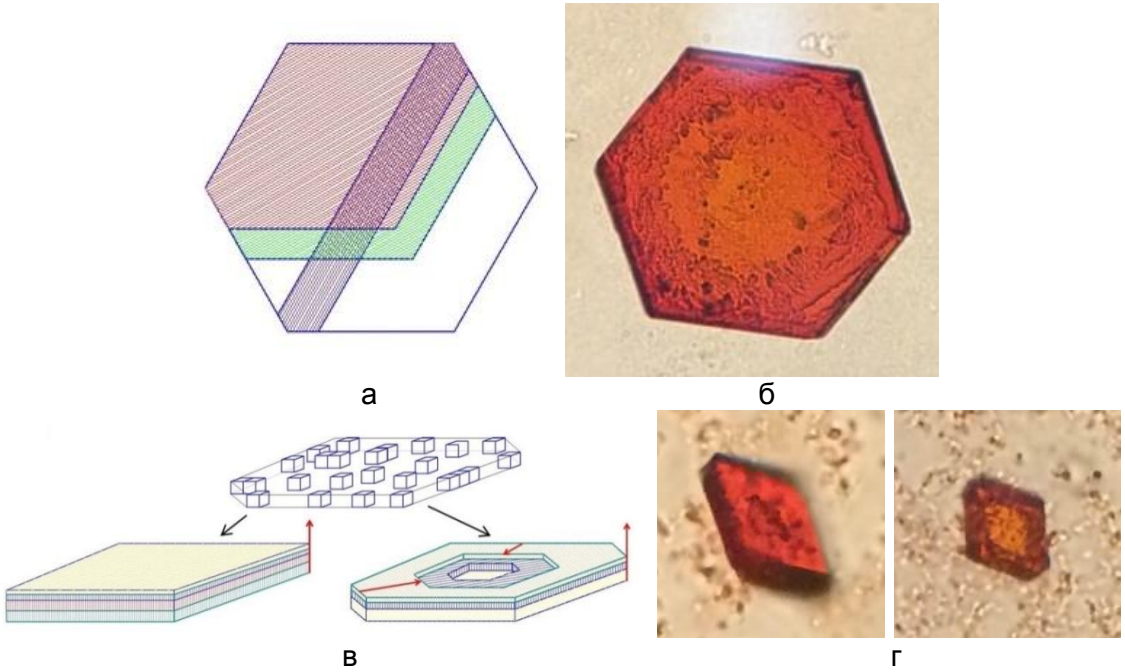
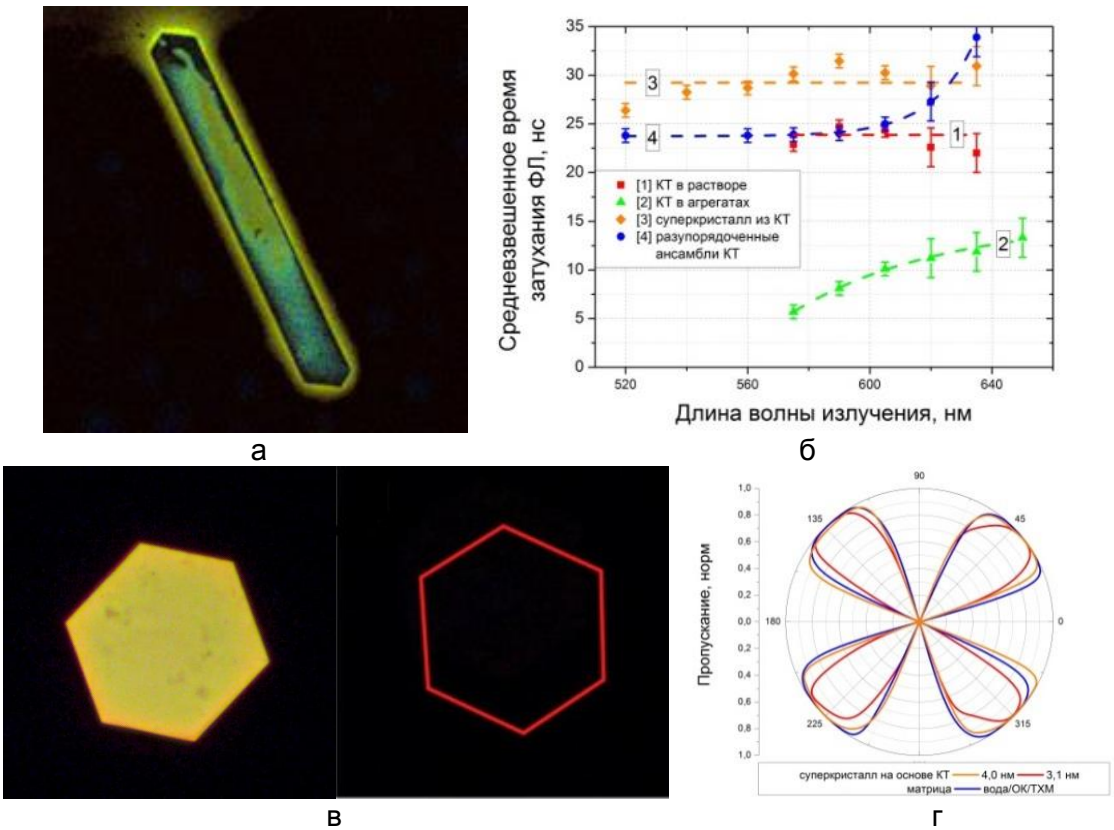


Рис. 1. Схематическое изображение морфологии СК из различных образцов (а); микрофотография СК из КТ CdSe диаметром 2,1 и 3,1 нм (б); схематические изображения, отражающие два выделенных механизма роста СК: послойное утолщение СК и утолщение СК по периметру (в), соответствующие микрофотографии СК из образца (г)

Исследование динамики процесса роста СК показало, что изменение оптических свойств КТ происходит непосредственно после начала агломерации КТ. Во-первых, было отмечено, изменение спектра фотолюминесценции (ФЛ) КТ: наблюдалось уширение спектра, а также смещение максимума полосы ФЛ в коротковолновую область спектра. При этом данное изменение характеристик происходило лишь в первые 24 ч после приготовления образца и зависело от исследуемой пространственной области образца. В зависимости от концентрации КТ наблюдались различные зависимости: для края капли наблюдалось незначительно смещение (2 нм) и сильное уширение (5 нм), а для центра – сильное смещение (12 нм) и незначительное уширение (2 нм). Во-вторых, для обеих областей наблюдался линейный рост средних времен затухания ФЛ со временем. Значения увеличивались от 18 до 32 нс в течение первой недели, а затем оставались неизменными. Предварительные результаты исследований оптических свойств образца показали, что они сильно зависят от взаимного расположения КТ в ансамблях и их химического окружения. Поэтому были проведены исследования четырех типов образцов: СК из КТ, КТ в исходном коллоидном растворе, КТ в агрегатах и разупорядоченные ансамбли КТ в присутствии избыточного количества молекул ОК. Для всех образцов наблюдалось уширение полос поглощения и ФЛ относительно спектра исходного коллоидного раствора КТ, а также смещение

максимума полосы ФЛ в сторону коротких длин волн. Данный сдвиг относительно положения максимума полосы ФЛ исходного коллоидного раствора КТ оказался максимален для СК и составил 63 нм и был вызван, скорее всего, влиянием химического окружения КТ в образцах, концентрация молекул ОК вблизи КТ увеличивалась в ряду: КТ в растворе, КТ в агрегатах, неупорядоченные ансамбли КТ и СК. При этом лишь для образца СК наблюдалось пространственное распределение ФЛ СК (рис. 2, а): ФЛ с высокой интенсивностью наблюдалась лишь от явно выраженных ребер кристалла, а также дефектов на верхней грани. Рассчитанное средневзвешенное время затухания ФЛ достигало 29,9 нс, что несколько выше, чем значение, полученное для изолированных КТ в растворе (25,3 нс). Было обнаружено, что время затухания ФЛ КТ в СК не зависит от длины волны регистрации, в то время как для КТ в агрегатах и неупорядоченных ансамблей КТ в матрице ОК наблюдалось характерное увеличение времени затухания ФЛ (рис. 2, б). Это свидетельствует о том, что взаимодействие КТ в СК не влияет на затухание ФЛ, как в случае с квази-изолированными КТ.



а б в г

Рис. 2. Двумерная карта времен затухания ФЛ СК на основе КТ (а); зависимость среднего времени затухания ФЛ от длины волны регистрации для образцов различных типов (б); изображения СК в проходящем свете в скрещенных поляризаторах, соответствующие максимуму и минимуму пропускания (в); угловые зависимости пропускания СК на основе КТ разных размеров, а также непосредственно органической матрицы из молекул ОК (г)

Показано, что СК обладают анизотропией поглощения (рис. 2, в). Для образцов СК при вращении образца в скрещенных поляризаторах наблюдалась периодическая картина распределения интенсивности пропускания, имеющая четыре строго выраженных максимума и минимума, с периодом 90°. Мы предположили, что данное распределение характерно непосредственно организующей матрице из молекул ОК и не зависит от КТ. Эксперимент был повторен при использовании в

качестве образца лиотропного кристалла, полученного методом самоорганизации мицелл из ОК и воды без участия КТ. Полученный результат полностью повторял распределение, полученное для СК (рис. 2, г). Для более детального исследования с помощью конфокального микроскопа LSM-710 были получены спектральные зависимости пропускания и отмечено, что для всех длин волн наблюдается одинаковая угловая картина распределения, а также остается неизменным характерный спектр пропускания СК при всех углах поворота образца. Таким образом, анизотропными свойствами обладает органическая матрица из молекул ОК, а не ансамбль КТ.

Последним этапом работы стало исследование влияния химического окружения КТ на морфологию и оптические свойства организованных структур. В этой части работы эксперименты проводились с использованием аллоидных КТ CdZnSe/ZnS. Были рассмотрены различные образцы КТ, которые различались типом лиганда (ОК и ЦТАБ) и растворителя (нонан, гексан и вода). В присутствии молекул ЦТАБ на подложках образовались структуры, которые представляли собой неправильные многоугольники со скошенными краями. Полученные структуры обладали малой толщиной и накладывались друг на друга. Было отмечено, что при переводе КТ в гидрофильную фазу наблюдается красный сдвиг и уширение полосы ФЛ, а также уменьшение времен затухания. При этом для всех образцов наблюдался линейный рост средних времен затухания ФЛ при увеличении длины волны регистрации, что характерно для безызлучательного процесса переноса энергии от КТ меньшего размера к большим. Это свидетельствует о том, что КТ образовывали агрегаты. Анализ люминесцентных изображений и карт времен затухания ФЛ показал, что такие агрегаты КТ располагались на подложке или на поверхности структур, но не внедрялись в структуры, образованные молекулами ЦТАБ.

Заключение. В ходе работы была разработана модель самоорганизации CdSe КТ, покрытых молекулами ОК, при медленном испарении насыщенного коллоидного раствора КТ на подложке. Были установлены зависимости изменения оптических откликов КТ в процессе их самоорганизации. Было показано, что такие структуры обладают уникальными оптическими свойствами. Было показано, что при самоорганизации КТ в СК не образуется дополнительных каналов безызлучательной диссипации энергии фотовозбуждения, что является важным для дальнейшего применения таких структур. Анизотропные свойства оптических откликов определяются морфологией органической матрицы, упорядочивающей КТ в СК. Это открывает возможность целенаправленно управлять поляризационными свойствами наноструктурированных материалов.

Литература

1. Nie Z., Petukhova A., Kumacheva E. Properties and emerging applications of self-assembled structures made from inorganic nanoparticles // Nature nanotechnology. – 2010. – V. 5. – № 1. – P. 15–25.
2. Thorkelsson K., Bai P., Xu T. Self-assembly and applications of anisotropic nanomaterials: A review // Nano Today. – 2015. – V. 10. – № 1. – P. 48–66.
3. Boles M.A., Engel M., Talapin D.V. Self-assembly of colloidal nanocrystals: From intricate structures to functional materials // Chemical Reviews. – 2016. – V. 116. – № 18. – P. 11220–11289.



Гибадуллин Ильсур Наилевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: gibadullinilsur@mail.ru

УДК 620.191.355

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ

Гибадуллин И.Н.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Валетов В.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615863 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

Повышение качества изделий в современном приборостроении в условиях современной рыночной экономики является важнейшей задачей промышленности. Работа любого изделия определяется, в основном, точностью размеров, формы и взаимного расположения сопрягаемых поверхностей деталей и состоянием их поверхностного слоя. Влияние многих факторов достаточно подробно изучено и реализуется, но реальная оптимизация поверхностного слоя до сих пор отсутствует.

Выражение «оптимизация микрогеометрии поверхностей» практически предполагает определение наилучшей шероховатости в данных производственных условиях для конкретного функционального свойства. Известно, что микрогеометрия существенно влияет на два десятка функциональных свойств поверхностей и количество таких свойств, скорее всего со временем возрастет. Доказано, что к этим свойствам относятся износостойкость, контактная прочность, коэффициент трения, коррозионная стойкость, светоотражательная способность, теплопередача, удержание смазки и ряд других свойств поверхностей. Эта зависимость, в общем случае, является нелинейной, а оптимальные значения свойств микрорельефа находятся в довольно узких пределах [1].

Решение задачи реальной оптимизации микрогеометрии невозможна без ее точного описания, контроля и нормирования [2].

Целью работы является исследование возможности использования в качестве критерия оценки и контроля микрогеометрии изображений профиля поверхностей. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

– проанализировать существующие критерии оценки микрогеометрии;
– разработать методику и программу для автоматизированного контроля микрогеометрии поверхности с использованием графических изображений профилей поверхностей в качестве критериев;
– провести исследование реальных поверхностей с использованием этого критерия.

Наиболее распространенным на сегодняшний день методом оценивания микрогеометрии поверхности является параметрический метод. Он основан на использовании различных параметров профиля поверхности (таких как Ra, Rz, Rq и т.д.). Многие из этих параметров закреплены в различных международных и национальных стандартах. Технологическое обеспечение функциональных свойств

поверхности сводится к достижению значения параметра, указанного в технической документации [3]. Преимуществом параметрического метода описания микрогеометрии поверхности является простота, однако это упрощение приводит к потере информации о микрорельефе, которое приводит к невозможности полного описания микрогеометрии поверхности. Поэтому использование параметрического метода не позволяет осуществить реальную оптимизацию микрогеометрии. Объяснение этому простое – для точного параметрического описания требуется множество параметров (что на практике весьма неудобно), а без точного описания невозможно осуществить повторение оптимальной поверхности.

В семидесятых годах XX в. В.А. Валетовым впервые был предложен новый метод оценки и контроля микрогеометрии поверхностей деталей, который был назван непараметрическим. Сущность метода заключается в использовании в качестве критериев оценки и контроля микрогеометрии поверхностей деталей графических изображений различных функций. В менее «ответственных» случаях это могут быть графики опорных кривых (кривых Аббота) и функций распределения ординат или тангенсов углов наклона профилей, а для более точной оценки и контроля – графики плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей. Но наиболее точной оценки можно достичь, если в качестве критериев использовать графики самих профилей, так как наибольшей информацией о профиле обладает сама профилограмма [2].

Для реализации быстрого, недорогого и надежного контроля микрогеометрии поверхностей уже разрабатывалось и было зарегистрировано программное обеспечение для автоматизированного контроля и оценки микрогеометрии поверхностей с использованием графических критериев (функции распределения ординат или тангенсов углов наклона профилей, графики плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей) [4]. Эти программы и исследования, проводимые с их помощью, уже были описаны ранее в различных работах [2, 5], поэтому здесь мы опишем разрабатываемую программу, использующую в качестве графических критериев профили исследуемых поверхностей. В этом случае задача сводится к сравнению контролируемых профилей с эталонным. Для этой цели разработана программа для программной платформы .NET Framework 4.5 в среде разработки Microsoft Visual Studio 2015 Comunity на языке C#. Для отображения профилей исследуемых поверхностей используется пакет ZedGraph версии 5.1.5.

Методика оценки и контроля микрогеометрии поверхности в общем случае заключается следующем:

1. выбор эталона (реальной поверхности, микрогеометрия которой в ходе испытаний определена как лучшая из возможных для данного функционального свойства);
2. измерение (фиксация) профилей эталонной и контролируемой поверхностей с помощью профилометра, у которого есть возможность сохранять данные на компьютере;
3. проведение фильтрации для исключения отклонения формы, погрешности установки и помех из профиля поверхности;
4. назначение величины поля допуска для профиля эталонной поверхности;
5. наложение профилей контролируемой и эталонной поверхностей друг на друга;
6. определение процента «попадания» профиля контролируемой поверхности в поле допуска эталонной поверхности.

Для сравнения полученных профилей между собой необходимо выполнение следующих условий:

– контролируемый профиль должен быть длиннее эталонного;
– сравниваемые профили должны быть предварительно отфильтрованы, для исключения таких факторов, как помехи и погрешности установки;

– у сравниваемых профилей должен быть равный шаг снятия точек (ординат).

Для оценки профилей поверхности их нужно сначала получить. Для этого чаще всего применяются специальные приборы ощупывающего типа – контактные профилометры. Индукционный датчик такого профилометра оборудован алмазной иглой, которая, перемещаясь по исследуемой поверхности, повторяет все ее выступы и впадины. Датчик фиксирует все перемещения иглы, данные с датчика поступают на контроллер и далее в компьютер. Полученный таким образом профиль, как правило, сохраняется на компьютере в виде файла, в общем случае, содержащем информацию об ординатах профиля и соответствующих им абсциссах, записанных с определенным шагом. Разрабатываемый программный продукт поддерживает наиболее распространенные форматы файлов, такие как .asc, .txt. Все полученные таким образом профили должны быть отфильтрованы, для устранения помех возникших в процессе измерений. После проведения фильтрации профилей можно проводить их сравнение.

Сравнение производится по следующему алгоритму:

1. начальная точка эталона совмещается с первой точкой контролируемого профиля;
2. в этой позиции подсчитывается количество «попаданий» точек контролируемого профиля в поле допуска эталона;
3. записывается в список данная позиция и процент «попаданий» контролируемого профиля в поле допуска эталона;
4. затем совмещаются первая точка эталона со следующей (*i*-ой) точкой контролируемого профиля;
5. повторяем пункты с 2 по 4, пока последняя точка эталона не совпадет с последней точкой контролируемого профиля;
6. выводим на экран список с позициями и соответствующими им процентами совпадений.

Для оценки возможности использования разработанной программы для контроля реальных поверхностей были проведены испытания на профилях поверхностей полученных точением. Обработка всех образцов производилась в Государственном оптическом институте им. С.А. Вавилова на опытно-экспериментальном производстве. Измерение профилей обработанных поверхностей производились на кафедре ТПС Университета ИТМО на профилометре Hommel Tester T8000 фирмы Hommel werke. Графические критерии оценки микрогеометрии обработанных поверхностей получены с помощью программы «Лемминг», разработанной Е.А. Филимоновой и В.А. Валетовым [4] на кафедре ТПС Университета ИТМО. Профили поверхностей предварительно были отфильтрованы в модуле фильтрации с помощью Фурье-преобразований, а именно, исключены погрешность установки и отклонение формы. Изготовленные образцы показаны на рис. 1.



Рис. 1. Образцы полученные точением

Образцы, показанные на рис. 1, были изготовлены из алюминиевого сплава марки Д16 (габаритные размеры $\varnothing 28 \times 40$ мм) на токарном станке с ЧПУ SPINNER

PD32-SMC, со следующими режимами резания: частота вращения шпинделя – 4000 об/мин, подача – 0,08 мм/об, глубина резания – 0,1 мм.

После измерения профилей поверхностей первого вида образцов, были построены графики плотностей распределения ординат профиля и тангенсов местных углов наклона профиля, а также с помощью разработанной программы было произведено сравнение непосредственно профилей поверхностей полученных образцов (рис. 2). В обоих случаях было выбрано поле допуска соответствующее 20% от среднего значения ординат графика ($H_{ср}$). В результате сравнения профилей разработанной программой установлено, что при выбранном поле допуска профили совпадают лишь на 19%.

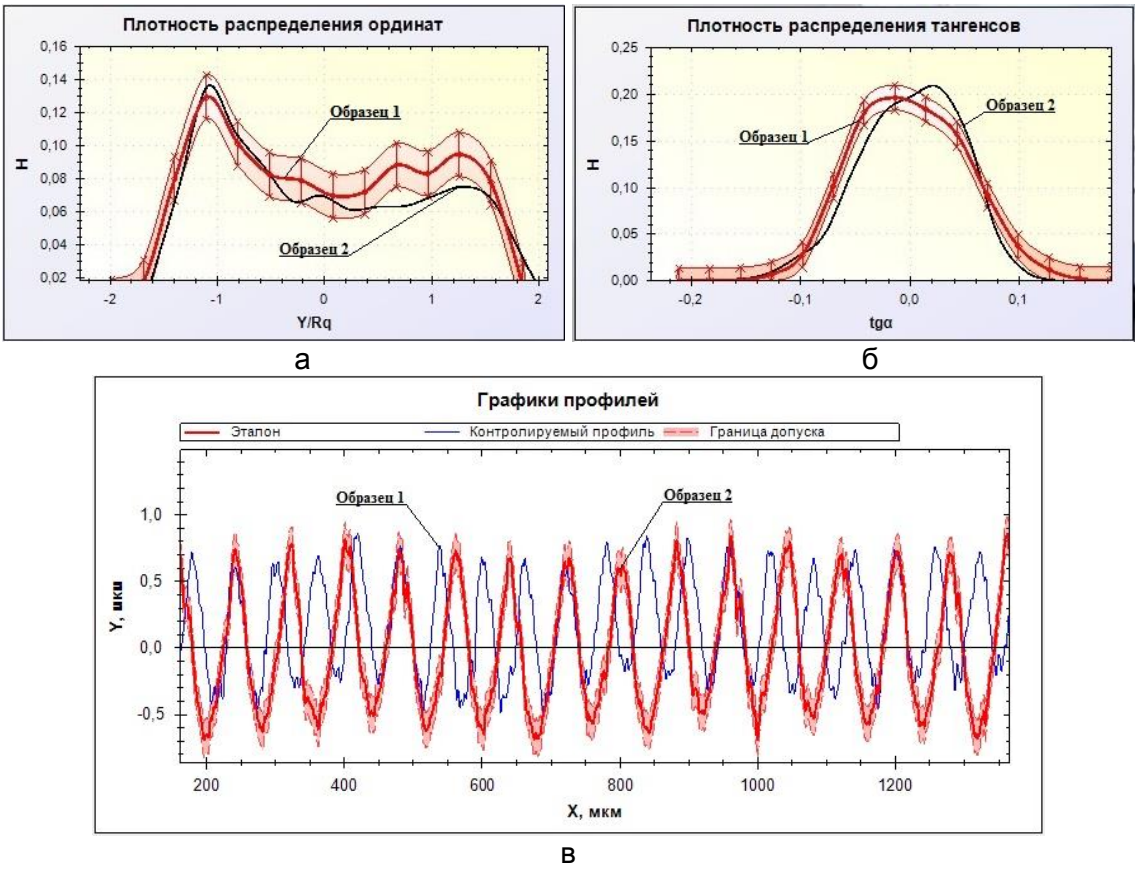


Рис. 2. Графические критерии оценки шероховатости поверхности образцов изготовленных точением: график плотности распределения ординат профиля (а); график плотности распределения тангенсов местных углов наклона профиля (б); сравнение профилей поверхностей образцов (в)

Все представленные методы контроля и оценки микрогеометрии поверхностей показывают, что микрогеометрия образцов заметно отличается, несмотря на то что, они были изготовлены по одной технологии, на одном и том же оборудовании.

В данной работе проведены исследования возможности использования в качестве критерия оценки и контроля микрогеометрии графическое изображение самого профиля, что делается впервые. Исследования показали, что этот путь требует дополнительного изучения и нахождения более удобных методов сравнения профилей. В тоже время проведенные исследования выявили очень существенные недостатки профильной оценки микрогеометрии вообще. Дело в том, что профиль поверхности является реализацией случайной функции и его точное повторение пренебрежимо маловероятна. По этой причине оказалось более эффективным использовать в качестве критериев не сам профиль, а различные его статистические

характеристики. Однако проведенные исследования показали, что для качественного сравнения профилей, разработанные методики показали практически приемлемый результат. Проблема оказалась слишком сложная и для более успешного использования профилей в качестве критериев нужно исследовать и другие возможности сравнения профилей, что может являться предметом дополнительных исследований. Таким образом, выполненные исследования оказались пригодны пока только для качественного сравнения профилей. Однако разработанные методики позволяют сравнивать профили не субъективно, а с помощью приборов и при том автоматизировано при помощи разработанной программы.

Литература

1. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – Л.: Машиностроение, 1982. – 247 с.
2. Валетов В.А. Проблемы оптимизации микрогеометрии поверхностей деталей для обеспечения их конкретных функциональных свойств // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 4. – С. 250–267.
3. Медунецкий В.М., Васильков С.Д. Методы оценивания микрогеометрии поверхностей деталей изделий // Изв. вузов. Приборостроение. – 2016. – Т. 59. – № 3. – С. 231–236.
4. Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2011613843 Программа автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей с помощью непараметрических критериев / В.А. Валетов, Е.А. Филимонова. Опубл. 18.05.2011.
5. Филимонова Е.А. Разработка методики и программы автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей деталей приборов с помощью графических критериев и их использование в технологических исследованиях: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 125 с.



Губайдуллина Ксения Витальевна
Год рождения: 1992
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра фотоники и оптоинформатики, группа № V4204
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: ksenya-gbd@yandex.ru

УДК 530.145.3

УСТОЙЧИВОСТЬ АЛГОРИТМА ГРОВЕРА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВОЗМУЩЕНИЙ КВАНТОВОЙ СХЕМЫ

Губайдуллина К.В.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Чивилихин С.А.

Алгоритм Гровера – это квантовый алгоритм быстрого поиска в неупорядоченной базе данных. С его помощью можно существенно ускорить известные классические алгоритмы, требующие решения задачи поиска в несортированном пространстве. Ввиду этого становится актуальным изучение влияния возмущений, вносимых работой квантовой схемы. В этой работе

представлены исследования устойчивости алгоритма Гровера к воздействию искажений в квантовой схеме и ее зависимость от числа используемых кубитов. Показано, что результаты моделирования подтверждаются экспериментальной устойчивостью 5-кубитового квантового процессора IBM.

Задача поиска состоит в следующем: имеется несортированный список, состоящий из N элементов, из которых лишь один удовлетворяет данному условию - именно этот элемент нужно найти [1]. Он может служить в качестве главного метода или подпрограммы для получения квадратичного ускорения времени выполнения для множества других алгоритмов [2, 3].

Алгоритм Гровера, как и все квантовые алгоритмы, вероятностный, т.е. вычисления производятся с помощью преобразования вероятностей нахождения элементов. Он оперирует амплитудами всех возможных состояний, усиливая те, значения которых удовлетворяют условию поиска, и ослабляя амплитуды остальных состояний. На выходе производится детектирование элемента, вероятность обнаружения которого максимальна (вероятность квантовой системы равна сумме квадратов амплитуд всех состояний).

Алгоритм Гровера состоит из следующих шагов [4]:

1. применение преобразования Адамара, переводящего систему в состояние суперпозиции;
2. итерации Гровера:
   - применение оператора оракула;
   - инверсия амплитуды состояний относительно среднего;
3. измерение.

В классическом случае поиск в неупорядоченном пространстве сводится фактически к последовательному перебору всех значений и сравнению их с условием поиска. Такой поиск обнаруживает верное решение за $O(N)$ классических шагов.

В случае квантового поиска условие обнаружения нужного элемента заключается в оракуле – логическом операторе, который позволяет распознать решение задачи. Каждая новая итерация Гровера – это обращение к базе. Но в отличие от классического перебора, за одно обращение к базе обрабатывается не один элемент, а суперпозиция всех возможных значений. Эта особенность квантовых вычислений дает наибольшее ускорение работы алгоритма, особенно ярко выраженное при больших объемах обрабатываемых данных.

Измерения на выходе происходят путем детектирования состояния, вышедшего из квантовой схемы. Вероятность обнаружения маркированного значения будет максимальна. Но работа квантовых логических операторов может проходить с некоторой погрешностью в вычислениях и влиять на вероятность детектирования нужного состояния, что и было исследовано в данной работе.

Было рассмотрено воздействие искажений, вносимых работой квантового оператора Адамара для 3-кубитовой схемы алгоритма Гровера. Их можно разделить на два типа: сильные искажения и слабые. С подробным описанием процесса моделирования таких возмущений можно ознакомиться в работе [5], усредненные результаты приведены в таблице. Как показано, вероятность обнаружения отмеченного состояния снижается с ростом величины возмущения в схеме. Для самых высоких значений искажений, исследованных в этой работе, вероятность уменьшается на 24,7%. Более того, вероятность обнаружения остальных состояний возрастает, что приводит к увеличению частоты регистрации ошибочного результата в 8 раз для самого сильного возмущения. С другой стороны, вероятность обнаружения отмеченного состояния остается наибольшей, поэтому алгоритм Гровера обладает хорошей устойчивостью к воздействию возмущений элементов квантовой схемы.

Таблица. Вероятности детектирования состояний в зависимости от значения возмущения

Значение возмущения, %	Отмеченное состояние, %	Остальные состояния, %
0	94,5	0,78
5	94	0,92
20	91,9	1,46
35	89,9	1,99
50	86,9	2,7
65	83,1	3,6
80	78	4,8
95	69,8	6,5

Также, интерес представляет моделирование алгоритма Гровера на большем числе кубитов, для исследования того, как изменится вероятность детектирования состояний и воздействие вносимых искажений. Ранее исследованная система, содержащая только 3 кубита, состоит из 8 состояний и для достижения наилучшего результата требует только 2 итераций. Однако система из 11 кубитов состоит из 2048 состояний и для достижения наилучшего результата вычислений необходимо 35 итераций, таким образом, это исследование помогает узнать, как устойчивость алгоритма Гровера зависит от числа кубитов в схеме.

Способы искажения аналогичны тем, что были упомянуты выше. Исследование слабых искажений показало, что вероятность обнаружения отмеченного состояния уменьшается при возрастании значения возмущения. К тому же, большее число состояний и высокая вероятность детектирования верного результата приводит к тому, что амплитуды неправильных состояний меньше в схемах с бóльшим числом кубитов. Можно сделать вывод о том, что большое число состояний и итераций помогает противостоять возмущениям в схеме.

Усредненные результаты моделирования сильных и слабых искажений представлены на графике (рис. 1). Полученная зависимость позволяет сделать аналогичные выводы – алгоритм более устойчив на схемах с большим числом кубитов.

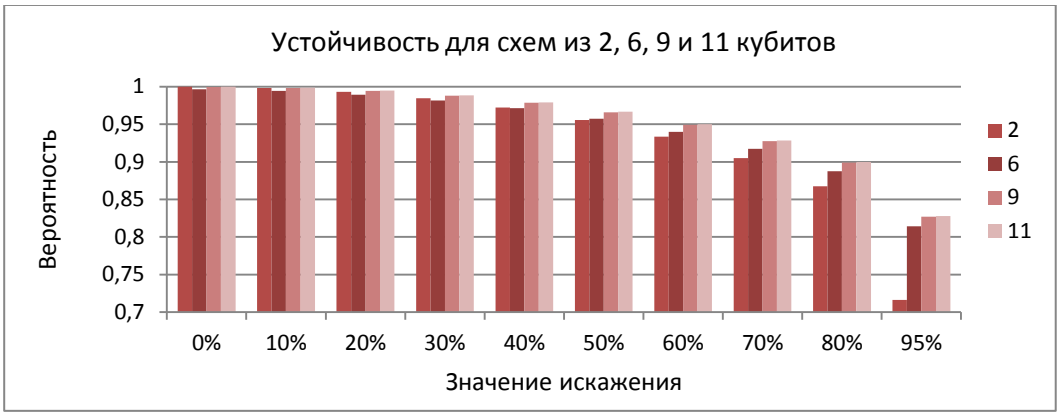


Рис. 1. Зависимость вероятности детектирования верного состояния от величины возмущений при различном числе кубитов

Моделирование сильных искажений также подтверждает, что большее число кубитов помогает алгоритму противостоять возмущениям в схеме, но одновременно с этим из представленного графика можно сделать другой полезный вывод. Значения вероятностей для схем с достаточно большим числом кубитов (от 9) почти не отличаются друг от друга, как в случае без искажений, так и при наибольшем

возмущении. А значит можно сделать предположение и о влиянии подобных искажений на схемы с большим числом кубитов, которые мы не можем смоделировать ввиду недостаточной вычислительной мощности.

Компания IBM позволяет исследователям получить доступ к 5-кубитовому квантовому компьютеру под названием IBM *Q*. Вычисления производятся с помощью облачной платформы, на которой каждому желающему предоставляется возможность обучаться, исследовать и взаимодействовать с реальным квантовым компьютером, размещенным в лаборатории IBM.

На платформе IBM *Q* алгоритмы можно запускать как в симуляции, так и на реальном процессоре. Исследуя алгоритм, работающий на реальной платформе квантового процессора, можно увидеть ее реальную устойчивость к воздействию искажений квантовой схемы и сравнить ее с теоретическими расчетами. Топология изучаемого процессора позволяет построить и запустить 2-кубитовый алгоритм Гровера.

В идеальной 2-кубитовой схеме без каких-либо искажений алгоритм находит правильное решение за одну итерацию со 100-процентной вероятностью. Из-за вероятностного характера всех квантовых алгоритмов и существования любого, даже самого небольшого шума в схеме, который также влияет на распределение начальных амплитуд, такая высокая доля обнаружения правильных ответов значительно уменьшается в реальном компьютере. Вероятностный характер алгоритма порой может сказаться на полученных результатах, особенно если речь идет о настоящем квантовом компьютере. Поэтому для достижения наибольшей точности, алгоритм запускался 8192 раза, и результат каждого испытания учитывался для построения результирующего графика – распределения вероятности обнаружения квантовых состояний на реальном квантовом процессоре IBM (рис. 2).

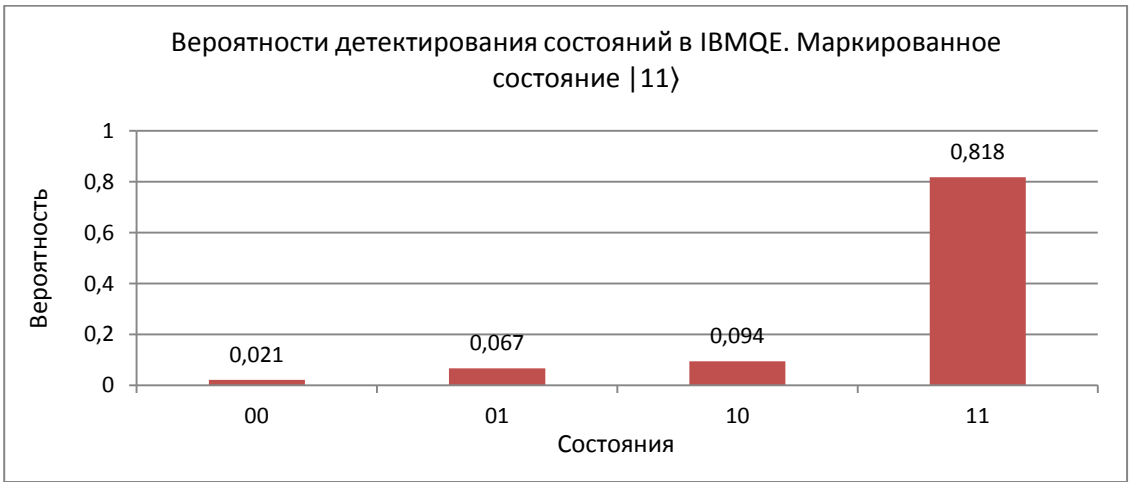


Рис. 2. Результаты работы алгоритма Гровера, реализованного на квантовом компьютере IBM

Эксперимент, проведенный на основе реального квантового компьютера показал, что вероятность обнаружения состояния снизилась до 81,8%. Для теоретических результатов моделирования на рис. 1, это значение соответствует возмущениям начальных амплитуд состояний порядка 80–85%.

В рамках проведенной работы была исследована устойчивость алгоритма Гровера к воздействию искажений квантовых элементов схемы. Как было показано на примере 3-х кубитовой схемы, вероятность обнаружить маркированный элемент уменьшается с ростом искажений, а вероятности детектирования других состояний увеличиваются, что приводит к росту частоты регистрации неправильного ответа.

Увеличение числа кубитов улучшает устойчивость алгоритма к искажениям и из полученных зависимостей мы получили возможность предсказать их влияние на схемы с еще большим числом кубитов. Проведенный эксперимент на базе платформы квантового компьютера IBM позволил сравнить вычисления реального квантового компьютера и созданной модели 2-кубитового алгоритма Гровера. Сравнение показало, что при величине вносимых возмущений порядка 85% устойчивость смоделированного алгоритма соответствует результатам эксперимента на квантовом чипе IBM.

Литература

1. Grover L.K. Quantum mechanics helps in searching for a needle in a haystack // Phys. Rev. Lett. – 1997. – V. 79. – P. 325–328.
2. Sommer C. Shortest-path queries in static networks // In ACM Comp. Surveys. – 2014. – V. 46(4). – P. 45-1–45-31.
3. Schwabe P., Westerbaan B. Solving binary MQ with Grover's algorithm // Proc. of SPACES'16. – 2016. – P. 303–323.
4. Chow J.M. Quantum Information Processing with Superconducting Qubits. A Dissertation in Candidacy for the Degree of Doctor of Philosophy. – Yale University, 2010. – 322 p.
5. Gubaidullina K.V., Chivilikhin S.A. Stability of Grover's algorithm in respect to perturbations in quantum circuit // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. – 2017. – V. 8. – № 2. – P. 243–246.



Данков Алексей Александрович
Год рождения: 1981
Институт международного бизнеса и права,
кафедра интеллектуальной собственности и управления инновациями, группа № О4220
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: al.dankov@yandex.ru

УДК 623-1/-8

ОЦЕНКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА)

Данков А.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Мурашова С.В.

Оценка научно-технического потенциала (НТП) предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) является важной проблемой, так как влияет на различные аспекты управления научно-технической деятельностью. Задачи, возникающие при ее проведении, существенным образом отличаются от вопросов, рассматриваемых при решении данной проблемы на предприятиях других отраслей промышленности, ввиду специфики выпускаемых оборонными предприятиями продукции, около 70% которой составляют вооружение и военная техника (ВВТ) [1].

Специфические особенности оценки НТП предприятий ОПК требуют уточнения понятия «научно-технический потенциал» применительно к данным предприятиям, выявление критерия и показателей его оценки. С точки зрения автора наиболее общим определением рассматриваемого понятия является следующее: НТП предприятий (организаций) ОПК – это совокупность научной продукции в виде научно-исследовательских работ (НИР), опытно-конструкторских работ (ОКР), патентов, лицензий, как созданных на предприятии, так и приобретенных и предназначенных для совершенствования производства с целью повышения конкурентоспособности продукции. Указанное определение дано с позиций системного подхода к его анализу, что позволяет выявить его характерную черту − синергетический эффект, вызванный взаимодействиями элементов структуры НТП. Описывая НТП предприятий как совокупность элементов, обеспечивающих их научно-техническое развитие, его можно представить в виде взаимосвязанной системы трудовых, информационных, материально-технических и организационно-управленческих ресурсов, определяющих возможности данного развития. Под НТП в системе ОПК следует понимать не только возможность создания нововведений (перспективных образцов ВВТ), но и готовность предприятий к их реализации в производстве. Поэтому его оценка должна включать как количественные, так и качественные характеристики потенциала.

Рассматривая НТП предприятий ОПК как экономическую категорию, необходимо отметить ее внутреннюю противоречивость, которая выражается в том, что данный потенциал, наряду с положительным влиянием на общие темпы экономического роста предприятий, может оказывать одновременно и негативное воздействие на их экономическое развитие, которое заключается в отвлечении ресурсов, необходимых для осуществления ими научно-технической деятельности. При этом отсутствует гарантия получения положительного эффекта, так как до 40% новых товаров потребительского назначения и до 20% товаров промышленного назначения не находят своего потребителя, а расходы на их создание не окупаются [2].

Немногочисленные существующие методики оценки величины НТП предприятий ОПК являются либо очень сложными в применении, либо не позволяют оценить его с достаточной точностью. Основные методы его оценки можно разделить на количественные, качественные и комбинированные [3].

Обоснованность системы показателей оценки НТП предприятий ОПК по количественным и качественным признакам определяет ее объективность. Однако один из главных недостатков существующих методик оценки данного потенциала заключается в отсутствии комплексного подхода к выбору оценочных показателей, а вопросы разработки системы показателей для его анализа являются сложными и до настоящего времени еще нерешенными. Классификация показателей, используемых для оценки НТП предприятий ОПК, может основываться, с точки зрения автора, на использовании таких признаков, как факторы научно-технической деятельности; функциональное назначение предприятия; отношение к этапам жизненного цикла внедряемых им инноваций. Она базируется на анализе сущности НТП предприятий ОПК и на соответствии системы показателей его оценки содержанию НТП. Поэтому выделенные в предлагаемой классификации группы показателей наиболее полно характеризуют основные факторы научно-технической деятельности предприятий ОПК. Ключевой проблемой их применения является то, что ни один из оценочных показателей не является универсальным критерием оценки указанного потенциала.

Возможным вариантом решения данной задачи является оценка НТП по составляющим его отдельным элементам – блокам [4].

Определять показатели, необходимые для оценки НТП предприятий ОПК, можно с помощью различных методов: мониторинга их состояния, SWOT-анализа, анализа хозяйственной деятельности предприятий (АХД), аудита и другие. Например, с помощью АХД оцениваются экономические результаты их хозяйственной деятельности: использование материальных, трудовых и финансовых ресурсов, производство и реализация продукции, финансовое состояние предприятий и т.д. Используя SWOT-анализ оценивают сильные и слабые стороны предприятий и их взаимодействие с угрозами и возможностями внешней среды. Применение ситуационного анализа позволяет определить положение, занимаемое предприятиями на рынке и так далее [5].

Учитывая отмеченные обстоятельства, целесообразно решать рассматриваемую задачу путем сведения множества показателей, полученных различными методами, к одному критерию. Наиболее существенные, с точки зрения автора, показатели, характеризующие НТП предприятий ОПК.

Основными показателями, характеризующими НТП предприятий ОПК, являются:

1. показатели, характеризующие кадры предприятий ОПК:
   a. показатели обеспеченности предприятия кадрами высшей квалификации:
      – удельный вес научных работников в общей численности персонала;
      – удельный вес сотрудников, занятых НИР в общей численности работников основной деятельности;
      – удельный вес сотрудников, занятых ОКР в общей численности работников основной деятельности;
   b. показатели структуры сотрудников, занятых по уровню образования:
      – удельный вес сотрудников высшей квалификации в общей численности работников основных подразделений;
      – удельный вес сотрудников с высшим образованием в общей численности работников основных подразделений;
      – удельный вес сотрудников со средним специальным образованием в общей численности работников основных подразделений;
2. показатели, характеризующие обеспеченность материально-техническими ресурсами процессов НИОКР на предприятиях ОПК – показатели фондоотдачи:
   – показатели фондоемкости НИОКР;
   – коэффициент обновления основных производственных фондов;
   – показатель материалоемкости НИОКР;
3. показатели, характеризующие уровень информационного обеспечения деятельности предприятий ОПК – показатели интенсивности использования научно-технической информации:
   – коэффициент обновления научно-технической информации;
   – информационная вооруженность труда работников основной деятельности;
   – показатели информационного обеспечения основных процессов;
   – коэффициент, характеризующий степень удовлетворения информационных потребностей;
   – коэффициент, характеризующий полноту информационного обеспечения;
4. показатели, характеризующие патентный фонд предприятий и эффективность патентно-лицензионного обеспечения деятельности предприятий ОПК – количество патентно-чистых объектов новой техники:
   – количество полученных патентов по разработкам;
   – количество авторских свидетельств;
   – объем патентного фонда предприятий ОПК;

- объем работ по патентным исследованиям в рамках выполняемых НИОКР;
- экономический эффект изобретений и рационализаторских предложений;
- экономический эффект от использования приобретенных лицензий и патентов.

Вместе с тем оценка НТП предприятий ОПК, по мнению автора, должна заключаться в получении с помощью вышеперечисленных методов, рассмотренных частных показателей, и дальнейшего сведения их к обобщающему критерию максимальной эффективности использования указанного НТП предприятий.

В целом в процессе функционирования элементов научно-технической системы ОПК создается научная продукция, в которой воплощены интеллектуальные результаты исследовательской деятельности. Уникальность, разнородность, высокая неопределенность научных результатов, зачастую, невозможность определения важности и полезности научного результата в момент его получения, отсутствие прямой связи между затратами труда и результатами исследований – затрудняют количественное измерение и соизмерение данных результатов. В свою очередь, это приводит к сложности определения эффективности деятельности отдельных научно-технических сотрудников и научно-технических систем в целом. Вопрос о критериях оценки научных результатов является одним из наиболее актуальных для научно-исследовательских организаций.

Научная деятельность предприятий и организаций в вопросах обороны страны занимает особое место, она определяет, в конечном счете, облик перспективного вооружения и напрямую зависит от НТП предприятий ОПК. НТП предприятия – это комплексный показатель уровня научной продукции, квалификации научных кадров, материально-технической базы, информационно-телекоммуникационного уровня и ресурсов, которыми располагает предприятие. НТП определяет готовность организации к совершенствованию собственного технического оснащения и обновлению производственной линии для увеличения конкурентоспособности и эффективного серийного производства ВВТ.

Таким образом, тема данной работы является весьма актуальной, поскольку проведение оценки НТП предприятий ОПК, определение направлений и путей их дальнейшего совершенствования, в целом оказывает влияние на развитие оборонной отрасли и, в конечном счете, повышает обороноспособность нашей Родины.

Литература

1. Данков А.А., Мурашова С.В. Определение основных показателей эффективности научно-технической деятельности научных учреждений Минобороны России и предприятий промышленности // Труды XIX Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – 2016. – Т. 5. – С. 342–346.
2. Загаштокова А.А., Мурашова С.В. Методологические подходы повышения конкурентоспособности на базе развития инновационной сферы // Сб. трудов VII Санкт-Петербургского конгресса «Профессиональное образование, наука, инновации в XXI веке». – 2013. – С. 287–289.
3. Ермолаева Е.Н. Формирование и оценка научно-технического потенциала предприятия: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Новосибирск, 2002. – 187 с.
4. Хазамов Ш.Г. Механизм реализации научно-технического потенциала предприятий как инструмент повышения их конкурентоспособности // Экономические науки. – 2005. – № 1(101).
5. Шленова Ю.В. Управление инновациями. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2003. – 252 с.



Ережеп Дархан
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра электронных и термических материалов, группа № W4230c
Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения
e-mail: darhan_13@corp.ifmo.ru

УДК 621.362; 621.315.562

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИНДУЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ РАЗОГРЕВА ТЕРМОЭЛЕКТРИКОВ

Ережеп Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Новотельнова А.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 14707 «Разработка методов моделирования процессов синтеза нанотермоэлектриков искровым плазменным спеканием».

Широкое распространение термоэлектрических преобразователей для утилизации низкопотенциального тепла сдерживает их низкая эффективность, которая ограничивается энергетическими показателями используемого в устройстве материала [1]. Параметр, определяющий эффективность термоэлектрика называется термоэлектрической добротностью *ZT*:

$$ZT = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa} T ,$$

где σ – электропроводность; κ – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент термоЭДС; *T* – абсолютная температура.

Одним из перспективных способов повышения эффективности материалов для термоэлектриков, являются их наноструктурирование. Эффективность термоэлектрических наноматериалов зависит от размера зерна спекаемой наноструктуры. Размер зерна в объемной термоэлектрической структуре зависит от электрических и температурных режимов спекания.

Для получения компактирования термоэлектрических наноматериалов используют установки искрового плазменного спекания (ИПС). Преимуществом метода ИПС является невысокая длительность термического воздействия, что позволяет предотвратить процесс рекристаллизации с увеличением среднего размера нанозерна [2].

Для сохранения наноразмерных зерен выделенная за время импульса тока теплота Джоуля должна быть меньше теплоты, необходимой для расплавления всей частицы. Из термодинамических соотношений теплота, необходимая для нагрева материала от 298 К до температуры плавления равна:

$$\Delta H = \Delta H_{298}^{0} + \int_{298}^{859} \Delta C_p dT + \Delta H_{\text{пл}} .$$

Для Bi_2Te_3, используя данные калориметрии [3], ΔH=2,7 кДж/см^3.

Прямое экспериментальное отслеживание температуры в объеме образца во время ИПС невозможно с применением современных измерительных приборов и методик. Механизм процесса спекания нанозерен термоэлектриков в настоящее время слабо изучен. Для установления механизма спекания необходимо получение информации о распределении тепловых и электрических полей, величине перегрева на границах зерен

в спекаемом порошке, а также необходимы данные электронной микроскопии, рентгенографии и т.п. Распределение температурных и механических полей в структуре образца можно исследовать с помощью численного моделирования [4].

Актуальной задачей является исследование процессов ИПС с помощью компьютерного моделирования для определения оптимальных условий режима спекания высокоэффективных однородных наноматериалов.

Моделирование ИПС проводилось методом конечных элементов, в программном комплексе COMSOL Multiphysics.

Распределение электрического потенциала определяется решением дифференциального уравнения:

$$\nabla \cdot J = 0,$$

где $J=\sigma E$ – плотность электрического тока; $E=-\nabla V$ – напряженность электрического поля; σ – коэффициент электропроводности; V – электрический потенциал. Уравнение сохранения заряда может быть записано в виде:

$$\nabla \cdot J = \nabla \cdot (\sigma E) = \nabla \cdot (-\sigma \nabla V) = 0.$$

Со всех боковых поверхностей частиц осуществлялся радиационный теплоотвод q_{rad} в окружающую среду в виде потока, описываемого в граничных условиях уравнением Стефана–Больцмана:

$$q_{rad} = \frac{\sigma_{SB}(T^4 - T_0^4)}{\varepsilon_1^{-1} + \varepsilon_2^{-1} - 1},$$

где $\sigma_{SB}=5{,}67\cdot 10^{-8}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}$ – постоянная Стефана–Больцмана.

Распределение температуры определяется при помощи следующего дифференциального уравнения:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\kappa \nabla T) + q_j + q_{rad},$$

где c_p – теплоемкость при постоянном давлении; ρ – плотность; κ – коэффициент теплопроводности; ∇T – градиент температуры; $q_j=J\cdot E$ – теплота Джоуля.

В качестве граничных условий для описания импульсного тока на верхней грани верхнего куба задавалась плотность импульсного тока, производящая разогрев частиц за счет джоулева тепла до температуры 700 К. Длительность импульсов составляет 3,3 мс, скважность 2,2. За каждым пакетом из 12 импульсов следует два периода отключения тока. Потенциал нижней грани нижнего куба был принят равным нулю. При токах используемой частоты скин-эффект можно не учитывать [5].

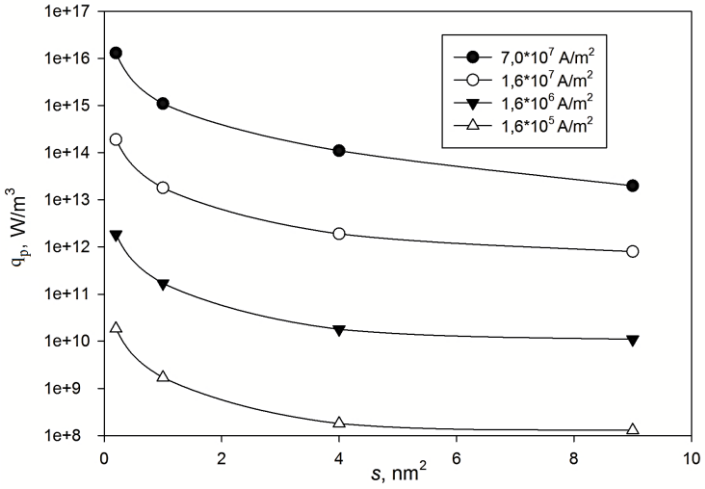
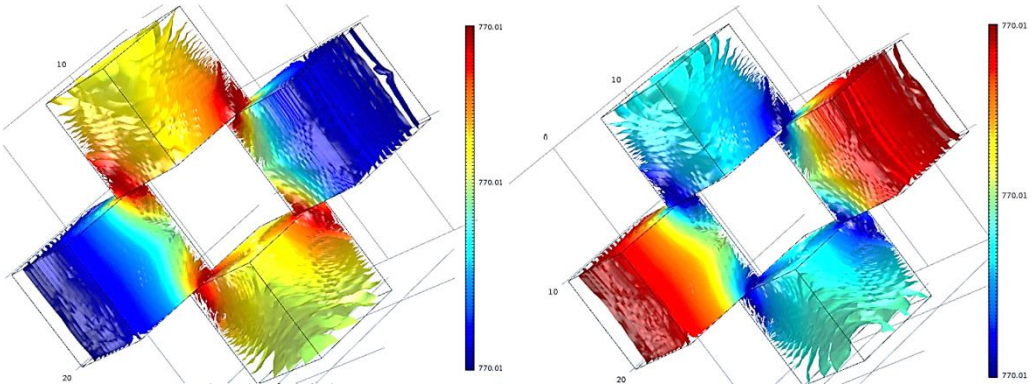


Рис. 1. Зависимость удельной мощности тепловых потерь q_p от площади сечения пятна контакта s, через которую проходит электрический ток

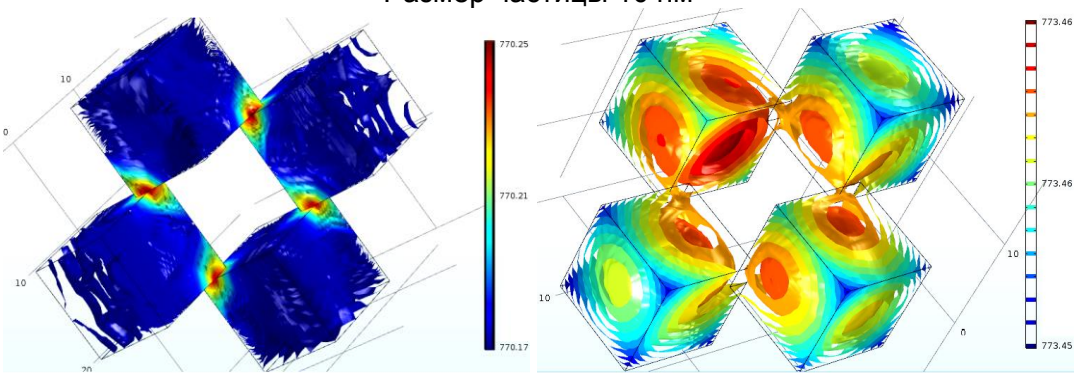
Выделяемая энергия в местах контакта при приложении импульсного тока достаточна для разогрева термоэлектрика и перехода его в расплавленное состояние (рис. 1). Однако в случае моделирования спекания наночастиц существенного локального разогрева в местах контакта не наблюдается.

На рис. 2 и 3 представлено распределение изотермических поверхностей в частицах при спекании различного размера.



а б

Рис. 2. Распределение изотермических поверхностей в объеме частиц размером в процессе спекания: момент времени, соответствующий фронту нарастания (а); момент времени, соответствующий выдержке при постоянной плотности тока (б). Размер частицы 10 нм



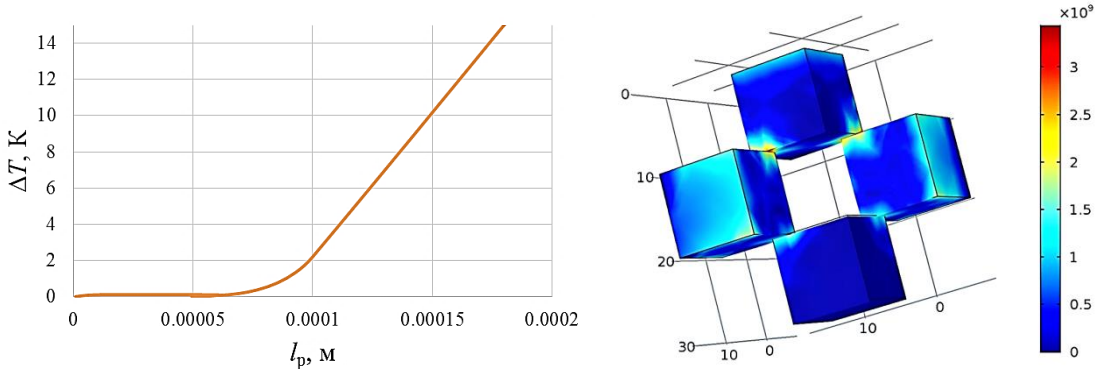
а б

Рис. 3. Распределение изотермических поверхностей в объеме частиц в процессе спекания: момент времени, соответствующий фронту нарастания импульса (а); момент времени, соответствующий выдержке при постоянной плотности тока (б). Размер частицы 10 мкм

Распределение температурного поля в объеме частицы в заданные временные промежутки коррелирует с размером спекаемых частиц. В наноразмерных частицах выделенная теплота быстро рассеивается и перегрев внутри объема частиц не происходит. Из-за наноразмерного масштаба частиц происходит интенсивный радиационный теплообмен между поверхностями частиц, что приводит к ускоренному выравниванию температуры в объеме частиц. При увеличении частиц до микронных размеров локальные градиенты температуры в областях контактов увеличиваются по сравнению с градиентами, возникающими в наночастицах.

На рис. 4, а показана зависимость перепада температуры в объеме частицы кубической формы между ее центром и периферией ΔT в зависимости от ее характерного размера. В качестве характерного размера частицы была выбрана длина стороны куба l_p. При исследованных токовых режимах, локальный перегрев в объеме частицы начинает наблюдаться при характерном размере больше 70 мкм.

Для частиц с характерными размерами менее 70 мкм температурный перепад на межзеренной границе и перепад температур между границей частиц и их объемом мал, несмотря на существенное выделение теплоты Джоуля.



а б

Рис. 4. Зависимость ΔT от длины стороны моделируемой кубической частицы (а); распределение механических напряжений в частицах при ИПС процессе (б)

Распределение механических напряжений в частицах размером 10 нм в процессе ИПС представлено на рис. 4, б. Механические напряжения распределены неравномерно по объему частиц.

Неравномерное распределение механических напряжений может служить причиной роста дислокаций в объеме частиц и способствовать появлению дефектов, служащих точками роста вновь зарождающихся кристаллитов и перекристаллизации зерен термоэлектрика в процессе спекания.

Изменение размера частиц от 10 нм до 10 мкм на характер распределения механических напряжений и их максимальные численные значения в рамках рассмотренной геометрической модели существенного влияния не показало.

Рассмотрен механизм спекания наночастиц термоэлектриков при использовании метода ИПС. Результаты расчетов распределения тепловых и электрических полей в совокупности с данными исследований структуры и свойств материала позволяют сделать вывод об определяющей роли в механизме ИПС термоэлектриков процессов диффузии. Увеличение термоэлектрической добротности материала в процессе спекания связано с явлением повторной кристаллизацией нанозерен с образованием большого числа кристаллитов в объеме наночастиц. Повторная рекристаллизация термоэлектриков в процессе спекания происходит в достаточно узком температурном диапазоне, поэтому столь важно соблюдение температурных режимов в процессе спекания.

Результаты работы имеют практическую значимость для разработки технологий получения высокоэффективных функциональных материалов для термоэлектрических генераторов и охладителей.

Литература

1. Да Роза А. Возобновляемые источники энергии. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 704 с.
2. Bulat L.P., Drabkin I.A., Karatayev V.V., Osvenskii V.B., Parkhomenko Yu.N., Lavrentev M.G., Sorokin A.I., Pshenai-Severin D.A., Blank V.D., Pivovarov G.I., Bublik V.T., Tabachkova N.Yu. Structure and transport properties of bulk nanothermoelectrics based on Bi x Sb2-x Te3 fabricated by SPS method// Journal Electronic Materials. – 2013. – V. 42. – № 7. – P. 2110–2113.

3. Драбкин И.А. и др. Термоэлектрические свойства материала на основе $(Bi,Sb)_2Te_3$, полученного методом искрового плазменного спекания // Материалы электронной техники. – 2012. – № 3. – С. 66–69.
4. Muñoz S., Anselmi-Tamburini U.J. Temperature and stress fields evolution during spark plasma sintering processes // Journal of Materials Science. – 2010 – V. 45. – № 23. – P. 6528–6539.
5. Li S., Pei J., Liu D., Bao L., Li J.F., Wu H., Li L. Fabrication and characterization of thermoelectric power generators with segmented legs synthesized by one-step spark plasma sintering // Energy. – 2016 – V. 113. – P. 35–43.



Зограф Георгий Петрович
Год рождения: 1994
Физико-технический факультет, кафедра нанофотоники и метаматериалов, группа № V4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: g.zograf@metalab.ifmo.ru

УДК 535.342

ОПТИЧЕСКИЙ НАГРЕВ И ЛОКАЛЬНАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ РЕЗОНАНСНЫМИ КРЕМНИЕВЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Зограф Г.П.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. Макаров С.В.

Недавние исследования продемонстрировали растущий интерес к использованию металлических наноструктур в качестве наноразмерных источников тепла, благодаря их превосходным свойствам преобразования света в тепловую энергию. Область физики, занимающаяся исследованием взаимодействия электромагнитных волн и свободных электронов в металлах, называется плазмоникой. Плазмоника уже нашла множество применений [1], включая фототермическую терапию, нанохирургию, таргетированную доставку лекарств, фотокатализ и т.д. Но существуют несколько фундаментальных ограничений. В первую очередь, наличие только локализованного поверхностно-плазмонного резонанса (ЛППР) для наночастиц простых форм (сферы, кубы, стержни и т.д.). Во-вторых, размер скин-слоя, который обычно составляет около 20 нм в видимом диапазоне для золота, не позволяет усилить электрическое поле внутри наночастиц больших, чем сам скин-слой. Кроме того, измерение температуры таких наночастиц осложнено отсутствием термически зависимых оптических откликов, что делает определение температуры многоэтапным процессом и иногда неприменимым для биомедицинских целей.

Таким образом, **целью работы** было создание нового подхода к оптическому нагреву с одновременной локальной термометрией, который бы преодолел ограничения связанные с фундаментальными свойствами плазмонных наночастиц. Этот подход основан на возбуждении высокодобротных резонансов Ми-типа [2] в неплазмонных наночастицах для усиления поглощения света. Наличие активных оптических фононов в некоторых диэлектрических и полупроводниковых материалах позволяет обнаруживать температурно-зависимый сигнал

комбинационного рассеяния [3]. Температура этого нанообъекта может быть получена через этот сигнал, что делает неплазмонные резонансные наночастицы эффективной платформой для создания универсального наноразмерного нагревателя-термометра.

В представленной работе проведено теоретическое исследование рассеяния, поглощения, экстинкции, а также оптического нагрева одиночных сферических наночастиц в однородной среде на основе теории Ми. Были также проведены экспериментальные исследования оптического нагрева одиночных сферических кремниевых наночастиц на стеклянной подложке под воздействием лазерного излучения в непрерывном режиме.

Основные результаты работы могут быть сформулированы следующим образом.

1. Теоретически было рассчитано, что сферические наночастицы кремния при диаметрах больше 100 нм представляют более эффективный источник тепловой энергии, чем аналогичные золотые. Ко всему прочему, возбуждение различных резонансов Ми в кремниевых сферах позволяет использовать их в более широком диапазоне длин волн, по сравнению с золотыми наносферами.
2. Получена теоретическая двумерная карта оптического нагрева сферических наночастиц для фиксированного значения отношения длины волны падающего излучения к диаметру наносферы (λ/D) при различных значениях вещественной и мнимой части диэлектрической проницаемости (рис. 1).

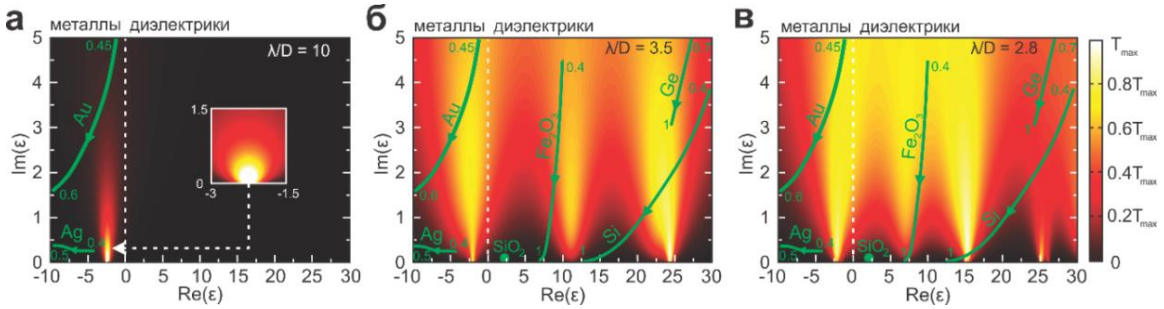


Рис. 1. Резонансный оптический нагрев сферической наночастицы в воздухе. Теоретически рассчитанные (Ми-теория) карты нагрева для сферических наночастиц с фиксированными значениями отношения длины волны падающего излучения к диаметру наносферы (λ/D) для разных реальных и мнимых частей диэлектрической проницаемости в однородной среде (воздухе): λ/D=10 (а); λ/D=3,5 (б); λ/D=2,8 (в). Зеленые линии со стрелками изображают значения Re(ε) и Im(ε) для разных материалов (дисперсия). Ориентация стрелок соответствует увеличению длины волны от минимума до максимума, обозначенного цифрами в микронах

Эти результаты дают общий вывод о том, что относительно большие диэлектрические наночастицы могут нагреваться также эффективно, как плазмонные, тогда как их мнимая часть диэлектрической проницаемости, отвечающая за омические потери, может быть значительно меньше.

3. Экспериментально продемонстрирован оптический нагрев одиночных кремниевых наносфер на стеклянной подложке под воздействием HeNe-лазера, работающего в непрерывном режиме на длине волны 632,8 нм (рис. 2).

Как показано на рис. 2, нагрев кремниевой наночастицы сильно зависит от ее диаметра для фиксированной длины волны. Как правило, более точное соответствие резонансному условию наночастицы на заданной длине волны ($\lambda = 632{,}8$ нм) приводит к более высокой температуре. При $\lambda = 632{,}8$ нм и $D \approx 160$ нм, возбуждение магнитного дипольного резонанса приводит к оптическому нагреву до

$\Delta T \approx 100$ К при интенсивности $I_0 = 2$ мВт/мкм^2. Наиболее выраженный пик температуры связан с возбуждением магнитной квадрупольной моды, приводящей к нагреву $\Delta T \approx 600$ К, который мы наблюдаем как экспериментально, так и численно.

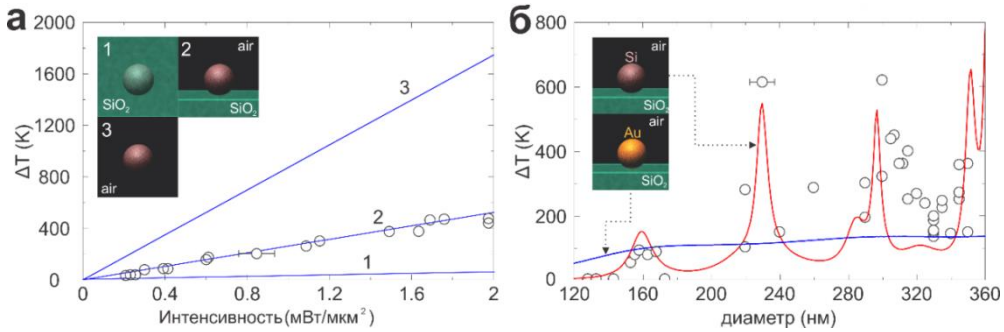


Рис. 2. Резонансный оптический нагрев кремниевых наночастиц. Экспериментальные данные (черные круги) и численные расчеты (сплошные линии) для оптического нагрева сферической кремниевой наночастицы диаметром 350 нм в разных средах (1 – однородная среда из стекла, 2 – частица на стеклянной подложке, 3 – однородная воздушная среда) при различных значениях интенсивности лазерного излучения (а); экспериментальные (черные круги) и численные расчетные (сплошные линии) оптического нагрева сферических кремниевых (красных) и золотых (синих) наночастиц на длине волны $\lambda = 632{,}8$ нм и интенсивность света $I_0 = 2$ мВт/мкм^2 (б)

В данной работе было продемонстрированно экспериментально и теоретически, что наночастица резонансного кремния представляет собой одновременно и нагреватель, и термометр. В частности, с использованием рамановской нанотермометрии экспериментально было установлено, что при магнитном квадрупольном оптическом резонансе фотоиндуцированный нагрев сферической кремниевой наночастицы может быть в четыре раза эффективнее по сравнению с плазмонными наносферами. Было обнаружено, что кремниевые наночастицы могут эффективно нагреваться как в воздухе, так и в высокоиндексной среде (например, вода). Так как кремниевые наночастицы с квадрупольной модой могут быть изготовлены с помощью лазерной абляции в определенных положениях на произвольных поверхностях, их можно использовать для множества применений, где критическое и контролируемое оптическое нагревание вокруг одной наночастицы имеет решающее значение: нанохирургия, химия, нанообработка, а также термооптическая модуляция сигнала. Основные результаты этой работы были опубликованы в [4].

Литература

1. Baffou G. et al. Thermo-plasmonics: using metallic nanostructures as nano-sources of heat // Laser & Photonics Review. – 2013. – V. 7. – № 2. – P. 171–187.
2. Bohren C.F., Huffman D.R. Absorption and Scattering of Light by Small Particles. – Wiley, 1998. – 545 p.
3. Balkanski M. et al. Anharmonic effects in light scattering due to optical phonons in silicon // Physical Review B. – 1983. – V. 28. – № 4. – P. 1928.
4. Zograf G.P. et al. Resonant non-plasmonic nanoparticles for efficient temperature-feedback optical heating // Nano Letters – 2017. – V. 17. – № 5. – P. 2945–2952.



Карлагина Юлия Юрьевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра лазерных технологий и систем, группа № В4216
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: jujukarlagina@corp.ifmo.ru

УДК 535.016:535.4:535-2

ЛАЗЕРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ И СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТОВ ИМПУЛЬСАМИ НАНОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ИХ БИОСОВМЕСТИМОСТИ

Карлагина Ю.Ю.
Научный руководитель – к.т.н., н.с. Одинцова Г.В.

Работа выполнена в рамках тем НИР № 360998 «Разработка лазерной технологии формирования микрогеометрии поверхности конструкционных материалов с целью управления их физико-химическими свойствами» и № 717061 «Лазерные и оптические технологии и системы для управления свойствами материальных сред и структурой световых полей». Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-32-50171.

На протяжении своей жизнедеятельности различные органы нашего тела могут травмироваться, терять свою функциональность или полностью выходить из строя. В таких случаях они для правильного функционирования всего организма подлежат замене. На помощь приходят искусственно созданные медицинские изделия, именуемые имплантами. Имплант – это биомедицинский материал или медицинское приспособление, предназначенное для замены утраченных, наращивания новых или укрепления имеющихся биологических структур, например, имплант тазобедренного сустава, зубные, подкожные импланты и др. Но, несмотря на существенный прогресс в хирургии и машиностроении, импланты имеют тенденцию к отторжению организмом на разных этапах приживаемости и по разным причинам, среди которых воспаления, инфекции, коррозия, износ, отсутствие способности к остеоинтеграции и биосовместимости. Это, в свою очередь, порождает широкое поле для исследований, направленных на управление антикоррозионными, антибактериальными, трибологическими, геометрическими и другими характеристиками поверхности имплантов.

Важную роль в биосовместимости имплантов играет материал, из которого они изготовлены. Одними из самых распространенных материалов для имплантов являются металлы, среди которых лидером по безопасному времени пребывания в живом организме является титан. Но вопрос приживаемости титановых имплантов по-прежнему остается открытым. В процессе приживаемости на разных этапах с поверхностью импланта взаимодействуют объекты как микро-, так и наномасштабных размеров, поэтому, для всех этапов важна хорошая адгезия взаимодействующих с поверхностью белков и клеток. На адгезию в большей степени оказывают влияние шероховатость поверхности, ее 3-х мерная геометрия, а также смачиваемость. Таким образом, на остеоинтеграцию титановых имплантов, т.е. способность последних сращиваться с костной тканью, существенное влияние оказывают как морфология поверхности, так и ее химический состав.

Существуют различные методы модификации рельефа и химического состава поверхности имплантов, среди которых механические, электрохимические, термические методы и их комбинации, а также плазменное напыление [1–4], но одним

из самых перспективных является лазерная обработка, так как она обеспечивает наименьшее количество загрязнений, износостойкое покрытие и широкие возможности для создания разного рода структур.

Обработка поверхности с помощью фемтосекундных лазеров на сегодняшний день является слишком дорогостоящей для промышленного применения. Таким образом, является актуальным вопрос о разработке доступной технологии, позволяющей формировать развитый рельеф поверхности титанового импланта, обладающий такими механическими и физическими характеристиками, которые способны улучшить биосовместимость и ускорить процесс остеоинтеграции. Широко распространенными во многих сферах производства на сегодняшний день являются относительно недорогие и простые в обслуживании технологические комплексы на базе волоконных лазеров наносекундной длительности импульсов, обеспечивающих стабильную работу системы.

В настоящей работе показано применение импульсного волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов для формирования геометрии и изменения химического состава поверхности титана марки ВТ1-0, в том числе применяемого в качестве материала для изготовления имплантов.

Целью работы является: исследование влияния режимов лазерного воздействия на топографию и химический состав поверхности титана, модифицированной излучением волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов, и их влияния на косвенные признаки остеоинтеграции и биосовместимости – смачиваемость и износостойкость.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать оксидные структуры и микрорельеф на поверхности титана ВТ1-0 при воздействии лазерного излучения наносекундной длительности импульсов;
- определить фазовый состав модифицированной лазерным воздействием поверхности титана ВТ1-0;
- определить параметры шероховатости полученных структур методом профилометрии;
- определить краевой угол смачивания исходных и модифицированных образцов методом лежачей капли;
- определить износостойкость исходной и лазерно-структурированной поверхности титана.

Материалом для проведения исследований выбран технически чистый титан марки ВТ1-0, применяемый, в том числе для изготовления медицинских имплантов. Температура плавления титана ВТ1-0 $T_{пл}$=1668°С, температура кипения $T_{кип}$=3260°С. Структурирование поверхности титановых образцов проводилось на прецизионной установке на базе волоконного импульсного иттербиевого лазера с длиной волны λ=1,07 мкм, длительностью импульсов τ=100 нс, диаметром сфокусированного пятна d=50 мкм и частотой следования импульсов f=60 кГц. Поверхность образцов облучалась последовательным сканированием лазерными импульсами со скоростью сканирования *Vs*. После прохождения одной строки сканирования с частотой f и шагом сканирования *Mx* пучок перемещался по оси *Y* на следующую строку с шагом сканирования *My*. Во время перемещения пучка по оси *Y* генерация излучения отсутствовала.

Лазерное облучение инициирует ряд тепловых и термохимических процессов, происходящих в металле, таких как окисление, плавление и абляция. Все эти процессы могут так или иначе быть использованы для формирования рельефа на поверхности металлов. Было решено выбрать режимы лазерного воздействия ниже и выше порога абляции с различным временем воздействия на материал. Для этого рассчитаем пороговую плотность мощности $q_{пор}$ для плавления и кипения титана по формуле:

$$q_{\text{пор}} = \frac{(T-T_0)k\sqrt{\pi}}{2\sqrt{a\tau}\,(1-R)}, \quad (1)$$

где T – пороговая температура нагрева поверхности материала; T_0 – начальная температура поверхности материала; k – коэффициент теплопроводности материала; a – коэффициент температуропроводности материала; R – коэффициент отражения поверхности.

Пороговая плотность мощности для плавления поверхности титана ВТ1-0 $q_{\text{пл}}$=2,1·10^7 Вт/см^2, для кипения – $q_{\text{кип}}$=4,13·10^7 Вт/см^2.

При создании импланта возникает необходимость в разных типах рельефа: сглаженный, а также шероховатый как на микро-, так и на наноуровне. В результате экспериментальных исследований были получены указанные типы рельефов, снимки с электронного микроскопа (СЭМ-снимки) которые представлены на рис. 1.

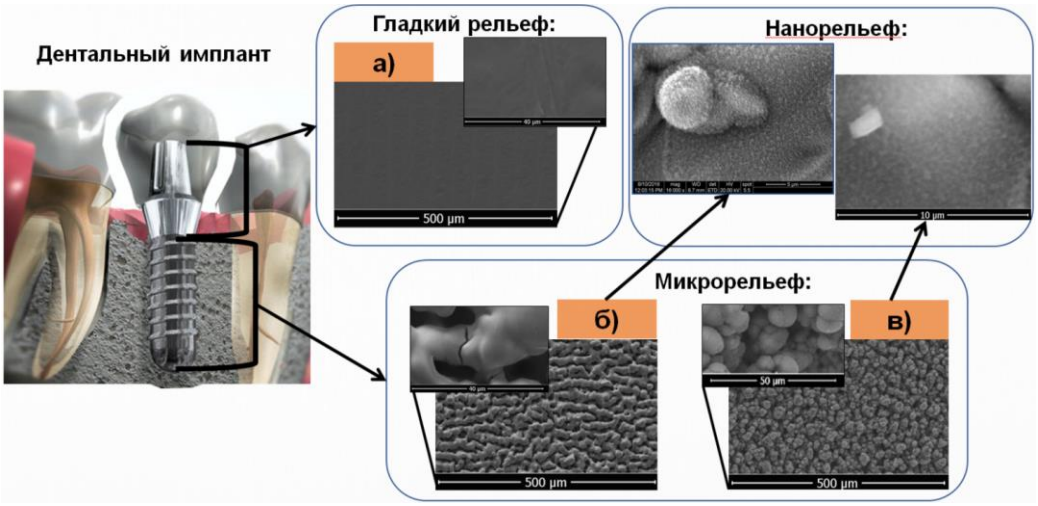
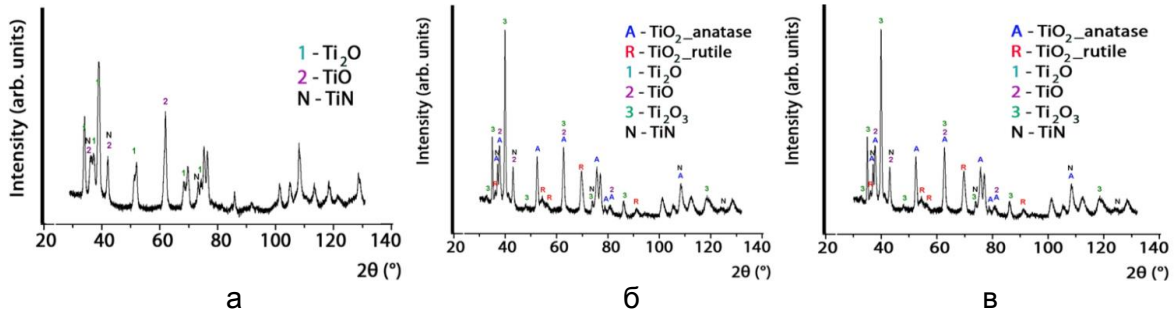


Рис. 1. СЭМ-снимки рельефов, полученных в результате лазерного облучения при режимах: ниже порога плавления для формирования сглаженного рельефа – образец № 1 (а); выше порога плавления, но ниже порога кипения – образец № 2 (б); выше порога кипения материала – образец № 3, для формирования микро- и нанорельефов (в)

Затем, методом рентгеноструктурного анализа (XRD) образцов было получено, что в результате лазерной обработки произошла модификация химического состава поверхности. Рентгенограммы образцов приведены на рис. 2. Образец № 1 содержит в себе Ti_2O, TiO и TiN. В образцах № 2 и № 3, помимо Ti_2O, TiO и TiN, содержится TiO_2 (в полиморфной модификации рутила и анатаза) и Ti_2O_3. Более подробное исследование химического состава методом энергодисперсионной спектроскопии в просвечивающей электронной микроскопии показало, что указанные выше соединения располагаются слоями по поперечному сечению образцов: на поверхности располагается слой Ti_2O (рутил), далее – TiO_2 (анатаз), Ti_2O_3, и в основании – TiO.



а б в

Рис. 2. Рентгенограммы образцов: № 1 (а); № 2 (б); № 3 (в)

Одной из основных характеристик биосовместимой поверхности является ее шероховатость. Методом контактной профилометрии были определены профили образцов, по которым с помощью программного обеспечения Hommel Tester рассчитаны параметры шероховатости R_a (среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины), R_z (параметр шероховатости, характеризующий высоту неровностей профиля), данные приведены в таблице.

Таблица. Параметры шероховатости поверхностей образцов до и после обработки

№	R_a, мкм	R_z, мкм
Ti	0,05	0,39
1	0,33	2,05
2	2,91	15,52
3	4,22	21,34

Кроме того, был измерен краевой угол смачивания необработанной и обработанных лазерным изучением поверхностей образцов методом лежачей капли. В качестве тестовой жидкости использовалась плазма крови человека. Было получено, что краевой угол неструктурированной поверхности титана составляет 54°, образца № 1 и № 2 – 28°, образца № 3 – 27°. Т.е. лазерное облучение при указанных режимах обеспечивает гидрофильные поверхности. Но для того, чтобы была возможность управлять величиной угла смачивания, необходимо знать зависимость угла от рельефа поверхности. Проведенные исследования, направленные на выявление такой зависимости, показали, что рельеф, образованный нулевыми перекрытиями импульсами в использованном диапазоне плотностей мощности и перекрытия до 80% хаотично влияют на угол смачивания, а перекрытия свыше 90% продуцируют значительно более шероховатый рельеф при малых углах смачивания.

Исследования трибологических характеристик исходной и структурированных поверхности титана показали, что создание периодического многоуровневого рельефа на поверхности титана не позволило существенно снизить коэффициент трения в условиях сухого трения на воздухе. Износостойкость технически чистого титана ВТ1-0 после облучения лазером наносекундной длительности при всех исследуемых режимах испытаний возрастает в сравнении с исходным неструктурированным состоянием. В случае отсутствия разрушения модифицированного слоя в условиях трения наблюдается максимальное повышение износостойкости образов с характерным абразивным механизмом износа. Разрушение слоя при фрикционном контакте приводит к снижению износостойкости и смене механизма изнашивания, с абразивного на адгезионно-абразивный.

Заключение. В настоящей работе исследовано влияние режимов лазерного воздействия на топографию и химический состав поверхности титана, модифицированной излучением волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов. Показано, что с помощью волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов можно одновременно формировать микро- и нанорельеф, создавать сглаженный рельеф (R_a=0,33 мкм) и изменять химический состав поверхности. Определено, что состав модифицированной поверхности представляет собой многослойную структуру, содержащую следующие фазы: Ti_2O, TiO, TiN, TiO_2 (в полиморфной модификации рутила и анатаза) и Ti_2O_3. При использованных в работе режимах лазерного воздействия шероховатость поверхности варьируется в пределах от 0,33 мкм до 4,22 мкм по параметру R_a, а краевой угол смачивания изменяется с исходных 54° (на необработанной поверхности) до 27° при смачивании плазмой человеческой крови. Износостойкость технически чистого титана ВТ1-0

после облучения лазером наносекундной длительности при всех исследуемых режимах испытаний возрастает в сравнении с исходным неструктурированным состоянием [5].

С точки зрения биосовместимости, судя по косвенным признакам (наличие микрорельефа, нанорельефа, диоксида титана на поверхности, гидрофильность поверхности), наилучшими являются образцы № 2 и № 3, которые следует протестировать *in-vitro* и *in-vivo*.

Литература

1. Vorobyev A.Y., Guo C. Femtosecond laser structuring of titanium implants // Appl. Surf. Sci. – 2007. – V. 253. – № 17. – P. 7272–7280.
2. Vanzillotta P.S., Sader M.S., Bastos I.N., Almeida Soares G.De. Improvement of in vitro titanium bioactivity by three different surface treatments // Dent. Mater. – 2006. – V. 22. – № 3. – P. 275–282.
3. Guizzardi S. Different titanium surface treatment influences human mandibular osteoblast response // J. Periodontol. – 2004. – V. 75. – № 2. – P. 273–282.
4. Yang Y., Ong J.L., Tian J. Deposition of highly adhesive ZrO_2 coating on Ti and CoCrMo implant materials using plasma spraying // Biomaterials. – 2003. – V. 24. – № 4. – P. 619–627.
5. Bjursten L.M., Rasmusson L., Oh S., Smith G.C., Brammer K.S., Jin S. Titanium dioxide nanotubes enhance bone bonding in vivo // Biomed. Mater. Res. Part A. – 2010. – V. 92. – № 3. – P. 1218–1224.



Костиникова Юлия Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере,
группа № К4244
Направление подготовки: 09.04.03 – Прикладная информатика
e-mail: julia.kostinikova@gmail.com

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРАГМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИСКУРСА КЛИЕНТА И ОПЕРАТОРА

Костиникова Ю.В.
Научный руководитель – к.педагог.н., доцент Валитова Ю.О.

Работы по созданию понимающего и реагирующего искусственного интеллекта активно развиваются в настоящее время. В этом аспекте большое внимание уделяют изучению естественного языка: грамматики, семиотики и т.п., а также как следствие, изучению различных способов обучения компьютерных систем естественному языку и общению на нем.

Следует отметить, что во многих компаниях существуют отделы помощи пользователю, отделы технической поддержки, которые работают с пользователями того или иного продукта посредством операторов колл-центров. Колл-центр – специализированная организация или подразделение, занимающееся обработкой входящих вызовов от пользователей и информированием по голосовым каналам связи. Существует два направления работы колл-центра: обработка входящих вызовов

и совершение исходящих. Для каждого направления обычно нанимаются разные рабочие, так как характер работы существенно различается.

Можно выделить следующую проблему набора на должность оператора колл-центра: каждый раз нового работника необходимо обучать ответам на различные вопросы, что требует от потенциальных операторов запоминания большого количества информации для работы. Операторы должны изучать различные аспекты работы компании, в которую устраиваются, набор услуг или товаров, которые она предоставляет, особенности обслуживания и другие индивидуальные характеристики.

Отметим так же, что чем больше расширяется компания, чем больше она начинает предоставлять услуг, тем больше могут возникнуть вопросов у пользователя и тем больше операторов необходимо для технического обслуживания и работы в колл-центре. Т.е. существует прямая зависимость от успешности фирмы и количества персонала для того, чтобы сократить время ожидания ответа оператора на вызов.

Достаточно популярным становится общение по электронной почте или интернет-чату. Однако это не решает в полной мере вопрос с кадрами. Поэтому в настоящее время возник актуальный запрос на замену оператора колл-центра самообучающейся интеллектуальной системой, способной грамотно отвечать на вопросы или запросы пользователя.

Таким образом, анализ дискурсов и их прагматики, а также создание алгоритма их автоматического анализа, приобретает не только теоретическую, но и практическую значимость, что в совокупности обуславливает актуальность выполненной работы. Практическая значимость определяется возможностью использования алгоритма для создания интеллектуальной системы, способной отвечать на вопросы определенной тематики.

Ю.Ю. Громов подчеркивает, что интеллектуальная (информационная) система основана на использовании баз знаний для генерации алгоритмов решения сложных прикладных задач в различных областях. При этом для такой системы характерны следующие признаки:

1. возможность обработки произвольных запросов в диалоге на максимально приближенному к естественному языку;
2. умение решать плохо формализуемые задачи;
3. способность оперировать с неопределенными и динамичными данными;
4. самообучение;
5. способность к выводам по аналогии;
6. способность объяснять свои действия и решения;
7. адаптивность для использования одного алгоритма в различных областях деятельности [1, 2].

Вопросно-ответная система (ВОС) – это интеллектуальная база данных, доступ в которую возможен на естественном языке [3]. ВОС является некоторым инструментом, который позволяет пользователю вести диалог с машиной на естественном языке [4]. При этом пользователь такой системы задает системе вопрос и получает «осмысленный» системой ответ на него. Создание ВОС, должно начинаться с анализа смысла высказывания (как в речи задающего вопрос, так и в речи отвечающего), т.е. необходимо изучение прагматики дискурса и составление некоторого алгоритма его анализа.

Минимальной единицей речевого общения ученые считают речевой акт [5], который интерпретируют как отдельные структурные компоненты речевого акта, и для обозначения речевого акта в целом. У речевого акта есть более расширенное понятие – дискурс. В свою очередь прагматика отображает, каким образом носители языка вкладывают и интерпретируют смысл в контексте [6].

Для изучения прагматики дискурса в рамках работы, одной из ведущих телекоммуникационной компанией был предоставлен массив данных, содержащий более 15000 реальных диалогов между клиентами компании и операторами колл-центра, которые проходили в онлайн чате компании.

Был сделан первичный анализ диалогов: убраны все специальные символы и стоп-слова, проведен стемминг слов (нахождение основы слова, которая не всегда совпадает с морфологическим корнем), после чего посчитана частотность слов во всех полученных диалогах.

Ожидалось, что поиск частотности слов покажет основные направления запросов клиентов и ключевые слова, с которыми чаще всего обращаются клиенты. Однако подсчет частотности слов не принес ожидаемой результативности. В таблице представлены первые 10 наиболее часто и наиболее редко встречающихся слов из письменных дискурсов в онлайн чате между клиентом и оператором телекоммуникационной компании.

Таблица. Примеры наиболее часто и редко встречающихся слов

№	Пример слов, которые должны были бы быть ключевыми	Частотность	Пример слов с низкой частотностью	Частотность
1.	помочь	10137	операtар	1
2.	билайн	9405	здарсть	1
3.	вопрос	8348	туннель	1
4.	ваш	7283	инвест	1
5.	номер	7203	основое	1
6.	спасибо	6303	здравтвовать	1
7.	наш	6118	злбсить	1
8.	мочь	5801	плжалуйст	1
9.	минута	5715	понижаться	1
10.	ответить	4412	сдеть	1

Как видно из таблицы, словами с наибольшей частотностью являются части приветственных обращений операторов и имена самых активных операторов или самые популярные имена в диалогах. В словах с низкой частотностью встречаются слова с опечатками или целенаправленно-неправильным написание. Единично встречающиеся слова, не несущие смысловой нагрузки.

Таким образом, важным моментом, который показал подсчет частотности слов, стало выявление большого количества письменных ошибок, допускаемых обычными клиентами, обращавшимися в онлайн чат. При составлении первичного алгоритма анализа, ошибки не учитывались. Однако для дальнейшего обучения интеллектуальной системы база знаний была расширена словами с неправильным написанием.

Поскольку прагматика дискурса – это смысловая нагрузка, передаваемая говорящим и воспринимаемая слушателем, институциональный дискурс между клиентом и оператором телекоммуникационной компании в онлайн чате, изучаемый в нашем исследовании, рассматривается как совокупность следующих аспектов: цель дискурса, передаваемая и получаемая информация, слушатель и говорящий, ключевые слова, результат дискурса.

Первичный алгоритм анализа институционального дискурса подразумевал выделение следующих частей письменного дискурса:

1. тематика запроса;
2. цель запроса из слов клиента;

3. ключевые слова из слов клиента и оператора;
4. результат из слов оператора;
5. уточнение из слов клиента.

Так в ходе работы по анализу дискурсов была определена важная ошибка, которая не была учтена при составлении первичного алгоритма, а именно: не был учтен произведенный ранее подсчет частотности слов, который показал необходимость внесения в базу знаний для дальнейшего обучения интеллектуальной ВОС как грамматически правильных, так и грамматически неправильных форм слов.

Были проанализированы ошибки и разработан конечный вариант алгоритма прагматического анализа письменных институциональных дискурсов, в нашем случае между клиентом и оператором телекоммуникационной компании. Алгоритм состоит из следующих пяти шагов:

1. понимаем «Тему запроса» клиента, выбираем соответствующую тему из списка «Тема запроса». Примечание: если темы нет в списке справа, нажать кнопку «Новая» и добавляем тему в список;
2. выделяем реальные словосочетания, соответствующие «теме запроса» из точных слов клиента. Копируем в поле «Цель запроса» справа. Каждое реальное словосочетание с новой строки;
3. выделяем «Ключевые слова» соответствующие «Теме запроса» из слов точных клиента и оператора. Копируем в поле «Ключевые слова» справа. Каждое слово с новой строки;
4. выделяем фразу уточнения, соответствующую «Теме запроса» из слов клиента. Копируем в поле «Уточнение» справа;
5. выделяем результат из ответа оператора, соответствующий «теме запроса». Копируем в поле «Результат» справа.

Согласно описанному выше алгоритму прагматического анализа письменного институционального дискурса, была заполнена база знаний, которая легла в основу обучения интеллектуальной ВОС. ВОС была создана заказчиком исследования.

Разработанный алгоритм прагматического анализа институционального дискурса был использован для создания базы знаний, а на основе базы знаний, созданной за счет использования алгоритма, компанией-заказчиком был разработан реальный и работающий прототип интеллектуальной системы, отвечающей на вопросы обращающихся в телекоммуникационную компанию клиентов.

Литература

1. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Алексеев В.В. и др. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2013. – 244 с.
2. Макаренко С.И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: Ставропольский филиал МГГУ им. М.А. Шолохова, 2009. – 206 с.
3. Алексеев Е.С., Мячев А.А. Англо-русский толковый словарь по системотехнике ЭВМ. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 256 с.
4. Лапшин В.А. Вопросно-ответные системы: развитие и перспективы // Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы. – 2012. – № 6. – С. 1–9.
5. Канжебалина Г.Н. Лингвопрагматика: учебное пособие для студентов и магистрантов филологических специальностей. – Павлодар: Кереку, 2012. – 121 с.
6. Котовская С.С. Введение в лингвистическую прагматику: учеб. пособие. – Минск: БГУ, 2012. – 83 с.



Лисица Дарья Александровна
Год рождения: 1992
Факультет систем управления и робототехники, кафедра систем управления и информатики, группа № Р4237
Направление подготовки: 27.04.03 – Системный анализ и управление
e-mail: lisitsa.da@gmail.com

УДК 519.876.5

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ МОДЕЛИ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИМПУЛЬСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Лисица Д.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Жиленков А.А.

Введение. Технология искусственной нейронной сети (НС) призвана обеспечить машинам будущего полную автономность, т.е. самостоятельное управление и принятие решений, опираясь на прошлый опыт и анализ без непосредственного участия человека. Искусственные НС, являясь моделью биологических нейросетей, применяют для решения задач, алгоритм решения которых неизвестен [1–3].

За годы исследований и разработок в области нейротехнологий было создано большое разнообразие искусственных НС, в некоторой степени напоминающих работу биологических нейронных систем: радиально-базисные НС; конкурентные сети; сети Кохенена (самоорганизующиеся карты); сети Хопфилда; модели НС адаптивной резонансной теории; сети глубокого обучения. Объектом изучения данной работы, по объективным причинам, был выбран нейрон импульсной НС, а также системы связей импульсных нейронов – импульсные НС:

– большая степень соответствия своему биологическому прототипу с точки зрения физиологии;
– перенос информации путем генерации и распространения или отсутствия калиброванных электрических импульсов пренебрежимо малой длины;
– замена понятия функции активации на понятие модели импульсного ответа, (изменения потенциала нейрона во времени);
– возможность воссоздания сети с динамической структурой теоретически произвольных объемов;
– энергоэффективность;
– помехозащищенность;
– параллельная работа с несколькими импульсами.

Приоритетные области использования НС данного вида: пространственная навигации и анализ окружающей среды; анализ запахов и динамической графической и звуковой информации; нейропротезирование и нейроинтрефейсы.

Целью работы является разработка аппаратной реализации искусственной импульсной НС.

Базовые положения исследования. Предлагаемый подход основан на изучении процесса обработки, хранения и передачи информации импульсным нейроном и сетью на их основе, а также изучении основных принципов функционирования нейронной клетки, где электрический импульс используется для кодирования и передачи информации.

Программная реализация модели импульсной НС теряет все заявленные преимущества по сравнению с классическими НС. Аппаратная реализация

импульсных НС на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) достаточно эффективна (по причине ее параллелизма и возможности – после отладки – использовать полученные модели для создания нейрочипов), но является сложной научно-технической задачей.

Для реализации сети рассматривались различные модели нейронов. На сегодняшний день модель нобелевских лауреатов Ходжкина–Хаксли является наиболее полной, так как учитывает механизмы передачи информации свойственные биологическому нейрону, но при этом является очень сложной и ресурсоемкой в реализации. Существует огромное количество упрощенных моделей, но большая часть, несмотря на это, требует больших ресурсов. LIF-модель самая упрощенная, но не учитывает многих механизмов биологической клетки. Математическая LIF-модель имеет только одно дифференциальное уравнение:

$$\frac{dv}{dt} = I + a - bv,$$

$$if\ v \geq v_{thresh} \text{then}\ v \leftarrow c. \qquad (1)$$

Проанализировав и оценив функциональные возможности различных моделей нейронов для аппаратной реализации НС, были выбраны LIF-модель из расчета ее ресурсоэкономичности и модель Ижикевича, так как является компромиссом биореалистичности, производительности и возможностей.

Математическая модель нейрона Ижикевича описывается следующими уравнениями:

$$\dot{v} = 0{,}04v^2 + 5v + 140 - u + I$$

$$\dot{u} = a(bv - u)$$

$$V \geq mV, \text{ то } u \leftarrow c,\ u \leftarrow u + d, \text{ где } \dot{u} = \frac{d}{dt^2}. \qquad (2)$$

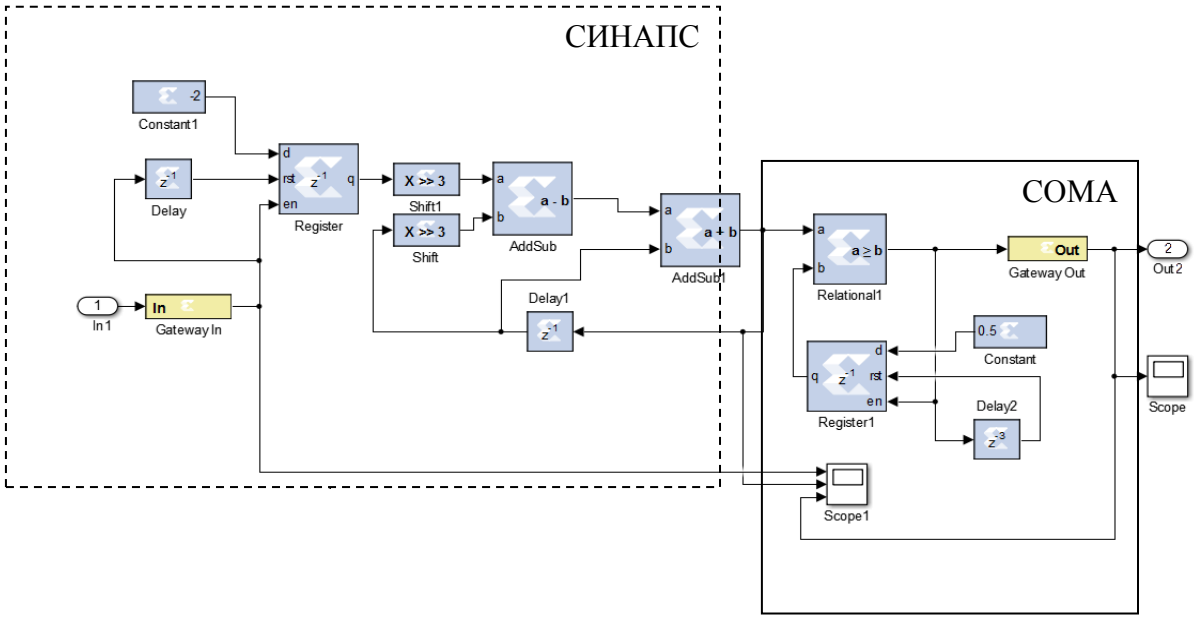


Рис. 1. Модель импульсного искусственного нейрона Leaky Integrate and Fire

На основе математической модели LIF-нейрона разработана аппаратная модель (рис. 1). Традиционно для обучения таких моделей используется метод глубокого обучения с учителем. Параметры обученной LIF ИмНС (веса и смещения), впредь остаются неизменными. Сигнал поступает на СИНАПС (область в квадрате). Выход

синапса поступает в COMy. Это значение сравнивается с пороговым значением, которое определяется пользователем. Если значение больше порогового, то генерируется сигнал, и схема вступает в рефрактерный период.

Модель нейрона Ижикевича более сложная (рис. 2). Блок сабсистем – COMa нейрона, здесь проводится обработка очереди импульсов. Далее интеграторы – блоки фильтра импульсов, определяют возбуждающий импульс или нет. Вычислительный центр нейрона Ижикевича представлен на рис. 3.

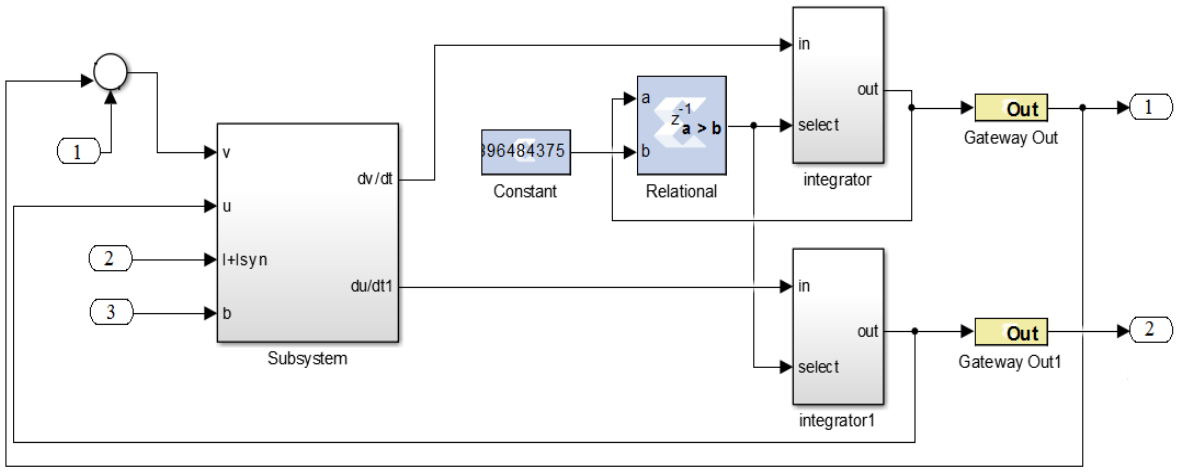


Рис. 2. Модель импульсного искусственного нейрона Ижикевича

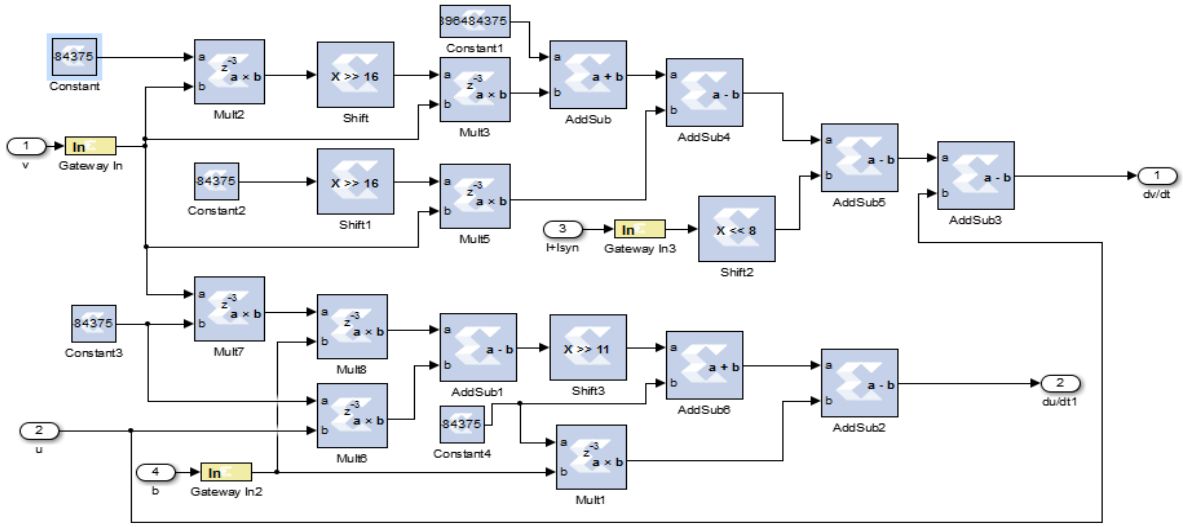


Рис. 3. Вычислительный центр нейрона Ижикевича

Разница в поведении LIF-нейрона и нейрона Ижикевича заключается в том, что LIF-нейрон генерирует спайк, когда мембранный потенциал достигает заданного порогового значения. Потенциал сбрасывается до нового значения и область спайка за границей порога не формируется. В модели Ижикевича наоборот, сброс напряжения происходит не на пороге, а на пике импульса. По сути, порог срабатывания в простой модели не является параметром, а является свойством бифуркационного механизма возбудимости и модель может даже не иметь четко определенного порога. В связи с этим модель Ижикевича обладает меньшей погрешностью вычислений (6% против 25% у ЛИФ).

Для модели Ижикевича изначально свойственна возможность самообучения, основанная на синаптической пластичности, обеспечивающая эволюцию сети. Эта функция формируется добавлением модулей синапса и обучения (STDP) (рис. 4).

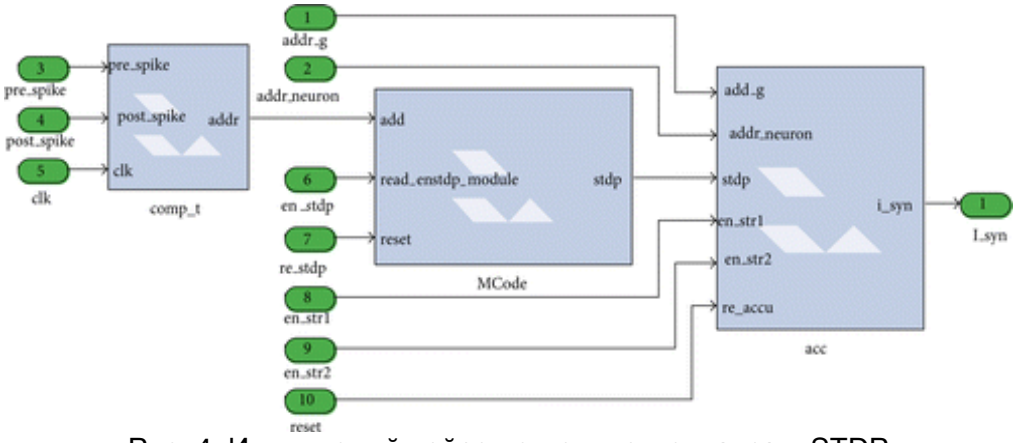


Рис. 4. Импульсный нейрон с модулем синапса и STDP

Модель Ижикевича оперирует некоторыми сложными блоками, поэтому требует больших ресурсов. Количество ресурсов ПЛИС требуемое для реализации систем на базе модели Ижикевича и LIF-модели представлено в таблице.

Таблица. Аппаратные требования к реализации модели Ижикевича и LIF-модели ИмНС и на Virtex-6 XC6VLX760

Реализация	#количество фрагментов модели Ижикевича	#количество фрагментов для LIF-модели
LIF-neuron	331	51
STDP+LIF-neuron+ synapse	408	128
SNN(10 neurons+ 16 synapses) + STDP	4542	2409

Из первой модели LIF-нейрона синтезирована обучаемая модель, благодаря включению в модель модуля обучения – STDP (рис. 5).

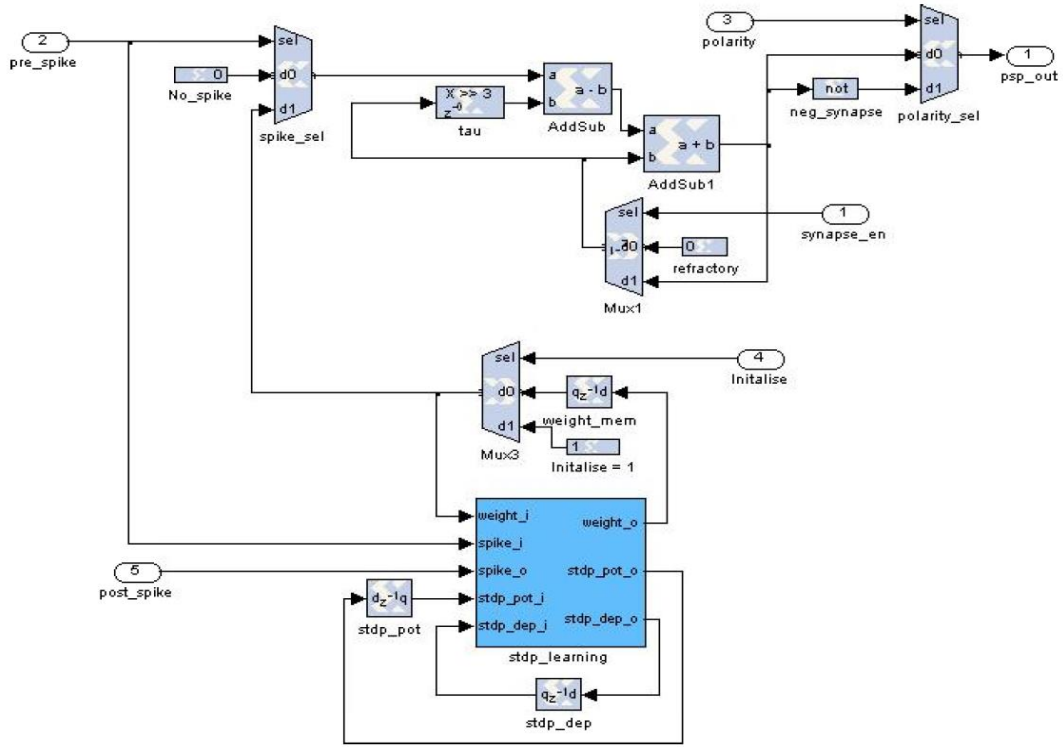


Рис. 5. Самообучающаяся модель импульсного искусственного нейрона Leaky Integrate and Fire

Моделирование аппаратных реализации моделей LIF-нейрона и модели Ижикевича позволило сделать следующие выводы:

- аппаратная реализация LIF-нейрона менее ресурсоемкая, в отличие от аппаратной реализации Модели Ижикевича; так для системы управления роботом сеть из 10 нейронов и 16 синапсов Ижикевича занимает 4542, при использовании LIF-модели 2409;
- модель Ижикевича обладает меньшей погрешностью вычислений;
- ИмНС по модели Ижикевича более биореалистична;
- аппаратные реализации этих двух моделей можно сочетать на одном кристалле, что позволит создать объемную сеть со сравнительно высоким уровнем точности вычислений;
- в зависимости от требований к решаемым задачам возможно использование конкретной аппаратной реализации.

Литература

1. Lisitca D., Zhilenkov A.A. Comparative analysis of the classical and nonclassical artificial neural networks // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2017. – P. 922–925.
2. Lisitca D., Zhilenkov A.A. Prospects for the development and application of spiking neural networks // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2017. – P. 926–929.
3. Izhikevich E.M. Dynamical systems in neuroscience: the geometry of excitability and bursting. – The MIT press, 2007. – P. 360.



Лукоянов Егор Васильевич
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: lukoyanov.egor@mail.ru

УДК 681.518.54

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АВТОРУЛЕВОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАНКА ИНТЕРВАЛЬНЫХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ

Лукоянов Е.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Степанов А.П.

Настоящая работа связана с проблемой построения средств диагностирования для судовых систем управления. Исследование вопросов диагностирования актуально, поскольку от качества их решения зависит надежность объекта диагностирования, в данном случае системы управления. На практике используются два основных типа средств диагностирования – тестовое и функциональное. В первом случае обнаружение и поиск отказов осуществляется с использованием специально разрабатываемых тестовых последовательностей, применяемых в перерывах работы системы по прямому назначению. Во втором случае диагностирование

осуществляется на рабочих воздействиях в процессе работы системы по прямому назначению. Ниже исследуется случай функционального диагностирования, причем работа фокусируется на использовании так называемых наблюдателей состояния.

В научной литературе вопросам построения наблюдателей состояния уделяется большое внимание, прежде всего, как составной части любой системы управления, решающей задачу оценивания вектора состояния объекта управления. Далее на основании этой оценки формируется необходимое управление для объекта. Предназначение рассматриваемых ниже наблюдателей другое, а именно, обнаружение и поиск отказов в аппаратуре системы управления, однако проблемы, с которыми сталкивается разработчик, в обоих случаях имеют много общего. Наиболее острой среди них является проблема адекватности используемой модели диагностируемой системы (или объекта управления в случае решения задачи управления). К сожалению, в большинстве случаев модель системы известна разработчику не в полной мере, что существенно осложняет решение задач диагностирования и оценивания. Одним из известных подходов к преодолению этой проблемы является использование интервальных наблюдателей. Именно этим вопросам и посвящена настоящая работа.

Предложенные методы функционального диагностирования динамических систем позволяют получать на практике более эффективные варианты средств диагностирования, нежели известные методы.

Синтез интервальных наблюдателей. Рассмотрим линейную стационарную динамическую систему вида [1]:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Fx(t) + Gu(t) + d(t) \\ y(t) &= Hx(t) + \nu(t) \end{aligned}, \qquad (1)$$

где $x(t)$ – n-мерный вектор состояния; $u(t)$ – m-мерный вектор входа; $y(t)$ – p-мерный вектор выхода; F – $n\times n$-матрица динамики; G – входная $n\times m$-матрица; H – выходная $p\times n$-матрица; $d(t)$ – вектор возмущающих воздействий на динамику системы; $\nu(t)$ – аддитивные шумы измерений. Предполагается, что все неопределенности принадлежат известным интервалам.

Допущение 1 [1]. Пусть $x(0)\in\left[\underline{x}_0,\overline{x}_0\right]$ для некоторых известных $\underline{x}_0$, $\overline{x}_0\in R^n$ и пусть также две функции $\underline{d}(t)$, $\overline{d}(t)$ и константа $V>0$ заданы таким образом, что:

$$\underline{d}(t)\le d(t)\le\overline{d}(t),\ \left|\upsilon(t)\right|\le V,\ \forall t\ge 0.$$

Таким образом мы можем задать следующие интервалы для неопределенностей в системе (1): $[\underline{x}_0,\overline{x}_0]$, $\left[\underline{d}(t),\overline{d}(t)\right]$, $\left[-V,V\right]$. Используя данные интервалы, а также информацию о выходе системы $y(t)$ требуется рассчитать такие оценки $\underline{x}(t)$, $\overline{x}(t)\in R^n$, чтобы для $\forall t\ge 0$ выполнялось условие:

$$\underline{x}(t)\le x(t)\le\overline{x}(t). \qquad (2)$$

Решить поставленную задачу можно с помощью интервального наблюдателя, предложенного в [1]:

$$\begin{aligned} \dot{\underline{x}}(t) &= F\underline{x}(t) + L\left[y(t) - H\underline{x}(t)\right] - \left|L\right|E_pV + Gu(t) + \underline{d}(t) \\ \dot{\overline{x}}(t) &= F\overline{x}(t) + L\left[y(t) - H\overline{x}(t)\right] + \left|L\right|E_pV + Gu(t) + \overline{d}(t) \end{aligned}, \qquad (3)$$

где $L\in R^{n\times p}$ – коэффициент усиления наблюдателя.

Теорема 1 [2]. Пусть выполняется *Допущение 1*, тогда для системы (1) с интервальным наблюдателем (3) выполняется условие (2) при условии, что матрица

$F - LH$ – метцлерова. В дополнение наблюдатель устойчив, если матрица $F - LH$ – гурвицева.

Доказательство *Теоремы 1* приведено в [1]. Основной вывод, который следует из доказательства заключается в том, что идея построения интервального наблюдателя основана на обеспечении неотрицательности матрицы динамики ошибки оценивания.

Постановка задачи. Для управления курсом судна или поддержания его значения постоянным используется автоматизированная система управления, которая традиционно называется авторулевым [3].

Так как функциональное диагностирование прежде всего нацелено на поиск отказов в аппаратуре, рассмотрим в качестве объекта диагностирования рулевой привод, являющийся самым ответственным звеном авторулевого.

Введем модель рулевого привода с неопределенностями:

$$\begin{aligned} \frac{di}{dt}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & T_\Omega \\ -k_\Omega & -1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix} u(t) + \begin{bmatrix} d_1(t) \\ d_2(t) \end{bmatrix} \\ y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \upsilon(t), \end{aligned} \tag{4}$$

где $x_1(t)$ – угол перекладки; $x_2(t)$ – скорость изменения угла; k_Ω – коэффициент передачи рулевого привода, который для номинального режима работы лежит в диапазоне $(0,6 \div 0,8)$; $T_\Omega \approx 1$ – постоянная времени рулевого привода; $u(t)$ – управляющий сигнал ПИД-регулятора; k – коэффициент передачи по управлению; $\upsilon(t)$ – гауссовский белый шум ограниченной интенсивности; $d(t)$ – возмущающее воздействие. Пусть все эти факторы принадлежат заданным интервалам значений:

$$x(0) \in \left[\underline{x}_0, \overline{x}_0\right],\ \underline{d}(t) \le d(t) \le \overline{d}(t),\ \left|\upsilon(t)\right| \le V,\ \forall t \ge 0,$$

где $d(t) = \begin{bmatrix} d_1(t) & d_2(t) \end{bmatrix}^T$ представляет собой суперпозицию гармонических функций с белым шумом, ограниченным по частоте:

$$d(t) = \begin{bmatrix} d_1(t) \\ d_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \sin(\omega_{11} t) \\ B_1 \cos(\omega_{12} t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_2 \sin(\omega_{12} t) \\ B_2 \cos(\omega_{22} t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1(t) \\ w_2(t) \end{bmatrix}. \tag{5}$$

Кроме того, будем анализировать работу алгоритма поиска отказов при разных уровнях внешнего возмущения, параметры которого заданы в таблице. С увеличением порядкового номера в таблице уровень внешнего возмущения также увеличивается.

Таблица. Параметры для внешнего возмущения (5)

	A_2, рад	B_2, рад/с	ω_{12}, $с^{-1}$	ω_{22}, $с^{-1}$
Опыт 1	0,005	0,005	0,5	0,3
Опыт 2	0,005	0,005	1,0	0,8
Опыт 3	0,01	0,01	1,0	0,8
Опыт 4	0,02	0,02	1,0	0,8

В качестве отказа рассмотрим изменение параметра k_Ω – матрицы динамики системы, моделируемый в виде скачка на 50% и скачка на 200%.

В работе представлены результаты моделирования, по которым можно сделать вывод, что в моменты появления отказов положение руля изменяется колебательным образом. Этот факт может затянуть время перехода на заданный курс (или не выход вообще), а также затруднить стабилизацию судна на курсе.

Таким образом, требуется разработать модель средств функционального диагностирования для поиска заданных отказов в условиях неопределенности, на основе банка интервальных наблюдателей.

Результаты моделирования. Модель средств диагностирования представляет собой набор интервальных наблюдателей, каждый из которых описывается с помощью системы дифференциальных уравнений (3). При этом в качестве выхода каждого из наблюдателей используется полуссума верхней и нижней границ интервала. Результирующий вектор невязок $\nu = [\nu_1 \quad \nu_2]^T$ формируется как разность выхода диагностируемой системы и выхода наблюдателя, а затем поступает на вход нечеткого алгоритма принятия решений.

Количественный анализ качества диагностирования будем проводить, рассчитывая для каждого опыта оценку для вероятности ошибки диагностирования (в %):

$$\gamma = \frac{T_\varepsilon}{T_{\text{общ}}},$$

где T_ε – суммарное время, когда средства диагностирования дают неверный результат; $T_{\text{общ}}$ – общее время моделирования.

Кроме того, для демонстрации эффективности предлагаемых решений на основе банка интервальных наблюдателей, будем сравнивать их работу с решениями, базирующимися на использовании банка классических наблюдателей Люенбергера. На рис. 1 приведены результаты моделирования процесса диагностирования с использованием банка интервальных наблюдателей и наблюдателей Люенбергера при максимальном уровнем внешнего возмущения (таблица, опыт 4) для отказа величиной 200%.

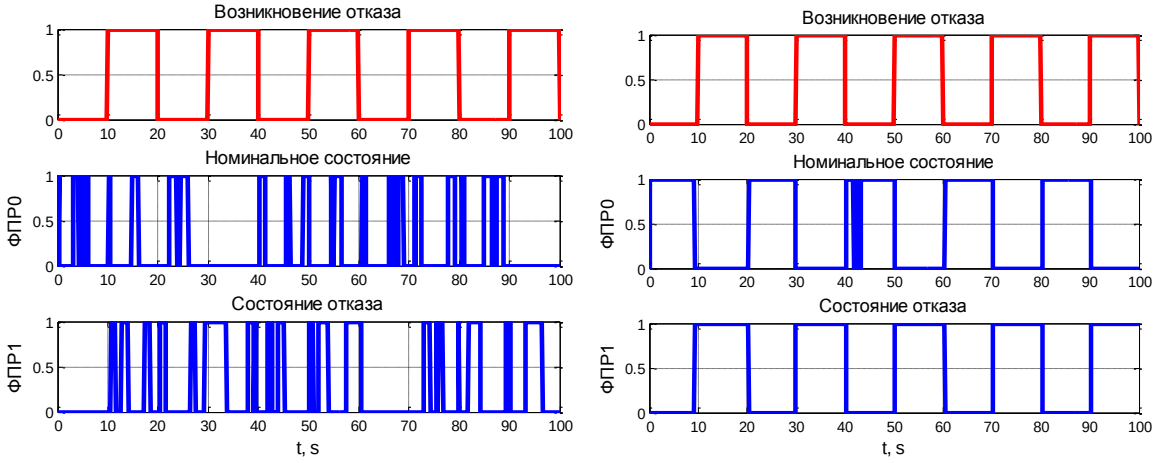


Рис. 1. Коэффициенты уверенности при отказе 200% (а); нормированные коэффициенты уверенности (б)

Они представлены временными диаграммами для коэффициентов уверенности, которые составляют основу нечеткого алгоритма принятия решения, описанного в [4].

На рис. 2. представлен график зависимости ошибки диагностирования для банка наблюдателей Люенбергера (синяя линия) и для банка интервальных наблюдателей (зеленая линия) в зависимости от уровня отказа и от уровня возмущения (в соответствии с таблицей).

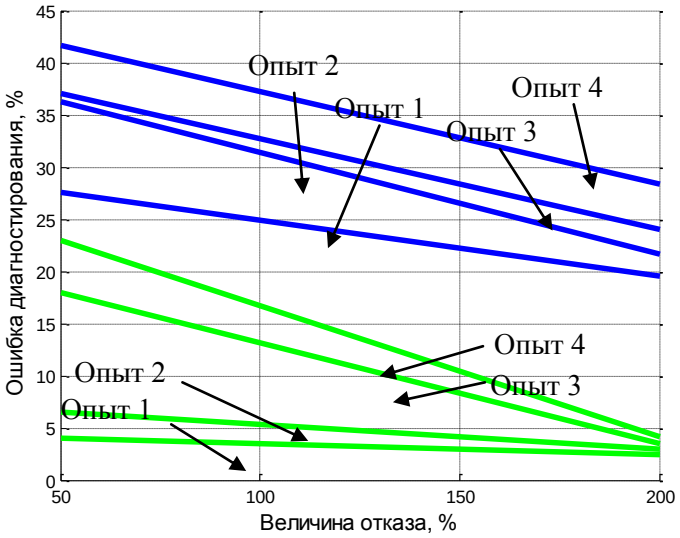


Рис. 2. График зависимости ошибки диагностирования от величины отказа и величины внешнего возмущения

Заключение. В работе рассмотрены вопросы функционального диагностирования авторулевого с использованием интервальных наблюдателей. При этом приведены основные соотношения, определяющие построение интервальных наблюдателей для линейных стационарных динамических систем с параметрической неопределенностью в модели. Для математической модели авторулевого с целью решения задачи поиска отказов синтезированы два банка – с интервальными наблюдателями и наблюдателями Люенбергера. Проведено моделирование задачи поиска отказов для каждого из банков, при этом решение об отказе принималось с использованием алгоритма, базирующегося на нечеткой логике. Результаты исследования качества диагностирования показали, что при «малых» отказах ошибка диагностирования составляет 41,6% для наблюдателей Люенбергера, и 23% для интервальных наблюдателей, а при «больших» отказах – 26% для наблюдателей Люенбергера и 4,2% для интервальных наблюдателей.

Таким образом, полученные результаты продемонстрировали эффективность использования банков интервальных наблюдателей для поиска аппаратурных отказов в динамических системах с параметрической неопределенностью. В дальнейшем для снижения уровня ошибки диагностирования при малых отказах планируется использовать банк взаимодействующих интервальных наблюдателей, так как он более чувствителен к малым изменениям уровня невязки, формируемой наблюдателем.

Литература

1. Ефимов Д.В., Раисси Т. Построение интервальных наблюдателей для динамических систем с неопределенностями // Автоматика и телемеханика. – 2016. – № 2. – С. 5–49.
2. Gouz´e J., Rapaport A., Hadj-Sadok M. Interval Observers for Uncertain Biological Systems // Ecological Modelling. – 2000. – V. 133. – P. 46–56.
3. Березин С.Я., Тетюев Б.А. Системы автоматического управления движением судна по курсу. – Л.: Судостроение, 1990. – 256 с.
4. Kolesov N.V., Gruzlikov A.M., Lukoyanov E.V. Using fuzzy interacting observers for fault diagnosis in systems with parametric uncertainty // Procedia Computer Science. – 2017. – V. 103. – P. 499–504.



Мазур Яна Вадимовна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № В4200
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: ianamazur@corp.ifmo.ru

УДК 535.314

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА С ПРЕЛОМЛЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ («FREEFORM») ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ НЕИЗОБРАЖАЮЩЕЙ ОПТИКИ

Мазур Я.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Вознесенская А.О.

Современные оптические системы по своему назначению разделяют на изображающие и неизображающие. К первому типу относятся классические системы, которые формируют изображение определенного предмета, сохраняя структуру и схожую форму. Например, фотообъективы, зрительные трубы, микроскопы и другие устройства. Ко второму же типу относятся концентраторы, осветители, т.е. системы, которые не формируют изображение, а преобразуют распределение оптического излучения. Главной задачей неизображающей оптики является создание распределения освещенности или силы света в пространстве с определенными параметрами. Поэтому для создания и расчета систем изображающей и неизображающей оптики применяются разные методики [1].

Неизображающая оптика развивается в таких новых областях как сенсоры, светодиоды, осветительные системы и особенно использование «Freeform» поверхностей или поверхностей свободной формы, с помощью которых можно получать системы с меньшим количеством оптических элементов и, следовательно, с новыми характеристиками, предоставляющими хорошие потребительские свойства: высокое оптическое пропускание, вес, малые размеры. Данная работа посвящена моделированию оптических поверхностей свободной формы или «Freeform» с известной диаграммой направленности. Создание элементов с поверхностями свободной формы активно началось только в последнее десятилетие, однако задатки были заложены еще в античные времена. Поэтому такие поверхности играют очень важную роль во многих сферах взаимодействия человека с природой и в создании техники.

Моделирование преломляющих поверхностей свободной формы, которые формируют нужное световое распределение, представляется довольно сложной задачей. Пусть даже при использовании точечного источника излучения эта задача сводится к решению дифференциального уравнения, содержащего неизвестные функции нескольких переменных и их частные производные, типа Монжа–Ампера [2], аналитические решения которого известны только для частных случаев с цилиндрической или радиальной симметрией. Таким поверхностям, очевидно, необходимы новые возможности моделирования и проектирования.

Настоящая работа посвящена синтезу оптического элемента свободной формы («Freeform») по заданной диаграмме направленности (индикатрисе рассеяния) для приложений неизображающей оптики. На преломляющий оптический элемент падает

освещающий пучок с плоским волновым фронтом и направлением распространения e_z=(0; 0; 1). Первая поверхность – плоская и расположена в плоскости z=0 при (x, y)∈G, где G – апертура элемента. Вторая поверхность оптического элемента описывается функцией z=z(x, y), (x, y)∈G. Преломление лучей происходит исключительно на второй поверхности. Поэтому необходимо рассчитать преломляющую поверхность z(x, y), если известен ход преломленных лучей, которые описываются заданной единичной векторной функцией от одного аргумента:

$$p(\sigma) = \left(p_x(\sigma), p_y(\sigma), p_z(\sigma)\right), \ |p(\sigma) = 1|, \quad (1)$$

где σ∈[0,d](p(σ) и есть диаграмма направленности, σ является некоторым параметром).

Для расчета искомой поверхности свободной формы необходимо рассчитать несколько огибающих плоскостей вида (1) по параметру σ. Все огибающие поверхности касаются вдоль некоторой кривой каждой из плоскостей. Так как направление плоскостей вдоль кривых касания и нормали огибающих поверхностей совпадают, то полученные преломленные лучи имеют определенное направление (1). Поэтому расчет преломляющей поверхности свободной формы нуждается в моделировании огибающих для семейства плоскостей. В декартовых координатах уравнение огибающей поверхности имеет вид.

$$\begin{cases} |M| - n_{21}(p(\sigma), M) = \psi(\sigma) \\ (\frac{\partial p(\sigma)}{\partial \sigma}, M) = -\frac{1}{n_{21}} \frac{\partial \psi(\sigma)}{\partial \sigma} \end{cases} . \quad (2)$$

Первое уравнение – это уравнение поверхности свободной формы, второе – его производная по параметру σ, а также есть уравнение плоскости с вектором $\frac{dp(\sigma)}{d\sigma}$. В результате огибающая поверхность образована прямыми, которые пересекаются в (2). Сечением эллипсоида (гиперболоида) вращения плоскостью, параллельной его большой оси, является эллипс (гипербола). Таким образом, кривые (2) являются частями эллипсов (гипербол). Функция ψ(σ) в (2) определяет распределение энергии вдоль диаграммы направленности и может быть рассчитана из условия формирования заданной интенсивности на ней [3].

В данной работе будет произведен расчет преломляющей поверхности с заданной диаграммой направленности. Для начала нам необходимо задать уравнение кривой x(σ) (например, это может быть линия, дуга, окружность, кривая, состоящая из нескольких дуг и другие различные варианты) (рис. 1).

При этом нужно знать d – длину отрезка; f – расстояние в удаленной плоскости z, где формируется диаграмма направленности; R_{arc} – радиус диаграммы направленности для дугообразного вида; R_0 – требуемый радиус элемента; R – радиус освещаемого пучка; n_1 – показатель преломления элемента; n_2 – показатель преломления окружающей среды.

Диаграммы направленности описываются определенными уравнениями:

– для линии:

$$X_l(\sigma) = \left(-\frac{d}{2} + \sigma; 0; f\right), \sigma \in [0, d]; \quad (3)$$

– для дуги:

$$X_a(\sigma) = \left(R_a \sin\left(\frac{\sigma - \frac{d}{2}}{R_a}\right); R_a \cos\left(\frac{\sigma - \frac{d}{2}}{R_a}\right) - R_0; f\right), \sigma \in [0, d]; \quad (4)$$

(Для дуги R_a высчитывается по формуле как отношение длины диаграммы направленности к угловому размеру дуги: $R_a = \frac{d}{\varphi_a}$);

– для кривой состоящей из двух дуг

$$X_c(\sigma) = \begin{cases} (-R_a \sin\left(\frac{\sigma-\frac{d}{2}}{R_a}\right); -R_a \cos\left(\frac{\sigma-\frac{d}{2}}{R_a}\right) + R_a; f), \sigma \in [0, \frac{d}{2}] \\ (R_a \sin\left(\frac{\sigma-\frac{d}{2}}{R_a}\right); R_a \cos\left(\frac{\sigma-\frac{d}{2}}{R_a}\right) - R_a; f), \sigma \in [\frac{d}{2}, d] \end{cases}. \quad (5)$$

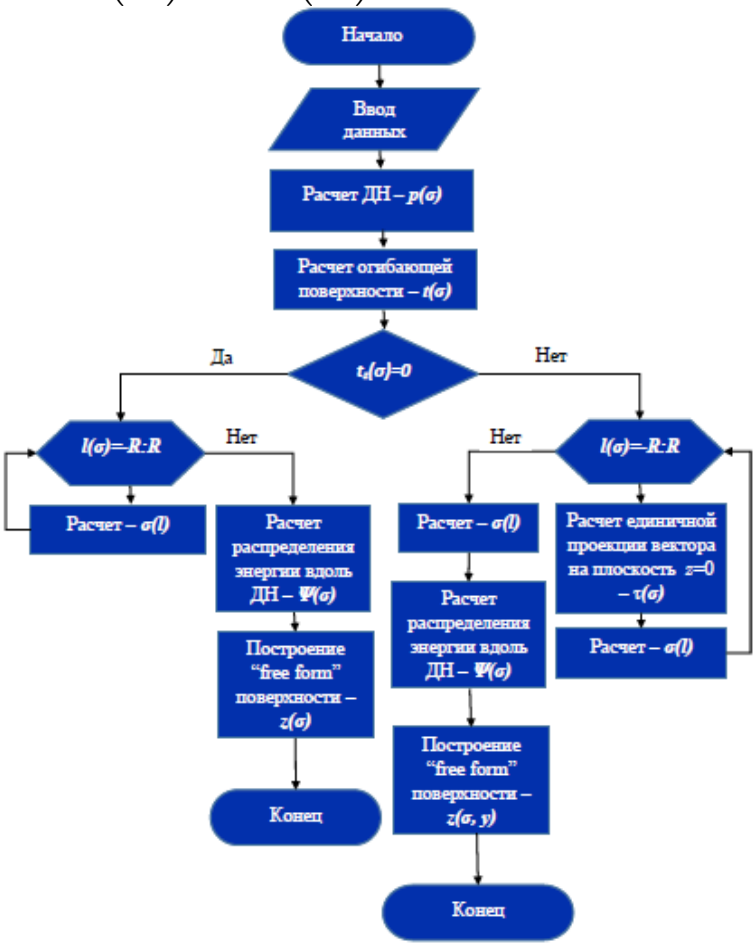


Рис. 1. Блок-схема для создания «Freeform» поверхности с заданной диаграммой направленности

Основными шагами алгоритма являются: расчет диаграммы направленности, расчет огибающей поверхности, нахождение расстояния от начала координат до огибающей поверхности $l(\sigma)$, определение единичной проекции вектора $t(\sigma)$ на плоскости OX и OY – $\tau(\sigma)$ и распределение энергии вдоль диаграммы направленности. Данная функция получается из закона сохранения светового потока и выражается в виде [4]:

$$\sigma(l) = \frac{d}{\pi}\left(\sin^{-1}\left(\frac{l}{R}\right) + \frac{l}{R}\sqrt{1-\left(\frac{l}{R}\right)^2}\right) + \frac{d}{2}. \quad (6)$$

В результате рассчитываем точки, принадлежащие будущей поверхности «Freeform». Для частного вида, когда диаграммы направленности в плоскости y равняется 0 (в виде отрезка), уравнение преломляющей поверхности свободной формы имеет подобие цилиндрической поверхности и выглядит так:

$$z(\sigma) = \frac{1}{1-n_{21}p_z(\sigma)}\left(\psi(\sigma) + n_{21}p_x(\sigma)l(\sigma)\right). \quad (7)$$

Другой вариант, когда диаграмма направленности в плоскости y не равна 0, вида $p(\sigma) = \left(p_x(\sigma), p_y(\sigma), p_z(\sigma)\right)$, и огибающая поверхность в плоскости z не равняется 0 $(t_z(\sigma) \neq 0)$, преломляющая поверхность свободной формы будет иметь вид:

$$z(\sigma, y) = \frac{1}{1-n_{21}p_z(\sigma)}\left(\psi(\sigma) + n_{21}p_x(\sigma)\frac{l(\sigma)+y\tau_x(\sigma)}{\tau_y(\sigma)} + n_{21}p_x(\sigma)y\right). \quad (8)$$

В результате мы сможем смоделировать искомую преломляющую поверхность типа «Freeform», построив график в трехмерной плоскости. В области OX будут расчетные значения *z* по формуле (7) и (8), в плоскости OY – значения вектора σ, а в плоскости OZ – количество значений, взятых для σ, т.е. строки содержащей матрицы этой переменной для (7) или значение переменной *y* для (8).

В данной работе использовались такие переменные: радиус освещенности пучка R=20 мм, расстояние от расчетного элемента до экрана f=5000 мм, длина диаграммы направленности d=3000 мм, угол ϕ_{arc}=70° – для дуги и ϕ_{arc}=35° – для кривой, состоящей из нескольких дуг, показатель преломления материала элемента n_1=1,5, показатель преломления окружающей среды n_2=1.

Используя математический пакет программы MATLAB, получены оптические элементы свободной формы. Например, в случае, когда диаграмма направленности в виде отрезка, «Freeform» элемент представлен на рис. 2.

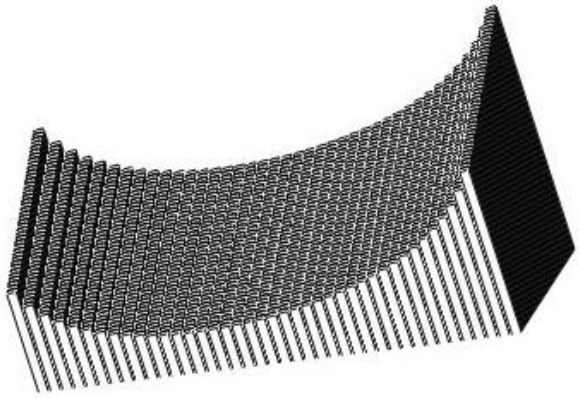


Рис. 2. «Freeform» поверхность, формирующая диаграмму направленности в виде отрезка

Исходя из всего вышесказанного, приходим к выводу, что оптические поверхности свободной формы или «Freeform» поверхности очень популярны во многих отраслях производства. Оптика поверхностей свободной формы имеет огромный потенциал применения и может стать революционной отраслью неизображающей оптики. Достижения в технологии производства «Freeform» поверхностей могут привести к созданию оптических форм, ранее считавшихся невозможными. В данной работе рассчитаны «Freeform» поверхности, образующие разные диаграммы направленности в виде линии, дуги и кривой состоящей из нескольких дуг, а также разработана компьютерная модель для синтеза преломляющего элемента «Freeform» по заданной диаграмме направленности. В дальнейшем, для успешного развития и реализации оптических систем с «Freeform» поверхностями, потребуется более тесное сотрудничество между оптическим дизайном и производством. Уже сейчас технология стремительно находит свое применение в различных отраслях и, возможно, спустя некоторое время, она будет использоваться повсеместно [5].

Литература

1. Романова Г.Э. Неизображающая оптика: учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 72 с.
2. Muschaweck J., Ries H. Tailored freeform optical surface // J. Opt. Soc. Am. A. – 2002. – V. 19. – № 3. – P. 590–595.

3. Дмитриев А.Ю., Досколович Л.Л. Расчет преломляющих поверхностей для формирования диаграммы направленности в виде линии // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34. – № 3. – С. 297–301.
4. Mazur Y., Voznesenskaya A. Numerical Modeling of Freeform Refractive Surfaces Forming Line Radiation Pattern // Procedia Computer Science. – 2016. – V. 101. – P. 292–299.
5. Mifiano C., Benitez P. and Santamaria A. Freeform optics for illumination // Opt. Rev. – 2009. – V. 16. – № 2. – P. 99–102.



Мунько Анна Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии,
кафедра световодной фотоники, группа № K4206
Направление подготовки: 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи
e-mail: qveenanna-93@mail.ru

УДК 681.7.063 + 531.781.2.087.92

РАЗРАБОТКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА НА ОСНОВЕ РЕШЕТОК БРЭГГА

Мунько А.С.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Варжель С.В.

Настоящая работа выполнена в Университете ИТМО при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57815X0109, Соглашение № 14.578.21.0109).

Введение. На сегодняшний день проявляется большой интерес к созданию волоконно-оптических датчиков (ВОД) физических величин, использующих волоконные брэгговские решетки (ВБР) в качестве чувствительного элемента. Современные ВОД широко используются в качестве составных компонентов проверки конструкций из композитных материалов, из-за их удобства встраивания без возникновения механических дефектов в структурах. Среди различных ВОД, в частности, датчики на решетках Брэгга позволяют измерять многие физические параметры, такие как: давление, температура, деформация [1]. Одновременное измерение этих параметров в средах с различными температурными значениями влечет за собой ошибки в результирующем сигнале, не связанные с деформацией решетки, ввиду чувствительности ВБР к изменениям температуры окружающей среды. Таким образом, разделение деформации и температуры необходимо для правильного мониторинга состояния зданий и сооружений. Следовательно, **целью работы** является разработка и исследование волоконно-оптического тензометрического датчика с термокомпенсацией на основе решеток Брэгга.

Существует большое число работ, посвященных важным на практике вопросам разделения влияния температуры и деформации на сдвиг резонансной длины волны ВБР, а также одновременному измерению этих параметров. Один из

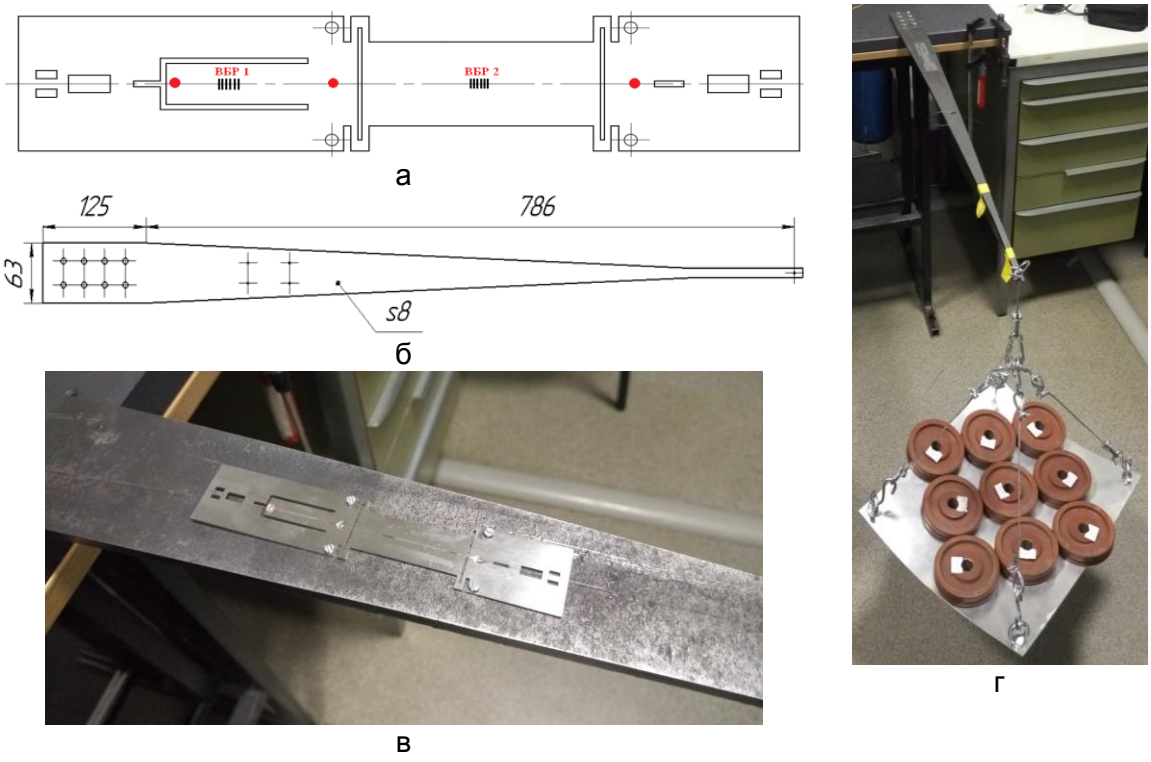
подходов к этой проблеме заключается в использовании пары ВБР, записанной в оптическом волокне (ОВ) с различными легирующими примесями, либо в ОВ различного диаметра. Однако механическую прочность чувствительных элементов таких датчиков, снижает сварной стык в месте соединения двух волокон. Также возможно использовать ВБР в комбинации с ВОД, работающим на другом принципе [2], например, с распределенной волоконно-оптической системой контроля температуры на основе вынужденного комбинационного рассеяния, которая измеряет температуру вдоль ОВ. Основной недостаток этого метода заключается в неточном измерении температуры ВБР, измеряющей деформацию, так как комбинационное рассеяние имеет пространственное разрешение порядка метра и более.

Альтернативный способ решения этой проблемы заключается в применении суперпозиции двух ВБР с различными резонансными длинами волн [3]. На основе изменения длин волн двух решеток, вызванного деформацией и сдвигом температуры, можно, решив систему из двух уравнений с двумя неизвестными, найти искомую величину. Однако в такой схеме необходимо использовать два источника излучения на разные длины волн, а это усложняет систему, и увеличивает ее стоимость.

В работе [4] используются наклонные решетки Брэгга, которые отличаются от стандартных ВБР тем, что имеют определенный угол наклона между плоскостью штрихов решетки и поперечным сечением ОВ, что приводит к возникновению связи моды сердцевины с оболочечными модами. Основное ограничение этого подхода заключается в том, что система должна работать в режиме пропускания, что устраняет одно из преимуществ датчиков на ВБР, а именно – работу с одним концом. Кроме того, спектральный диапазон, который занимает наклонная ВБР, может быть довольно большим, что вызывает сложности в последовательном мультиплексировании.

Разнообразные подходы к проблеме выделения механического воздействия от температурного, описанные в работах [2–4], в той или иной степени не удовлетворяют мультиплексированию, условиям встраивания и практической применимостью. Кроме того, необходим метод, который предлагает простую и недорогую систему измерения, большую надежность и использование режима регистрации сигнала по отражению.

Основная часть. В результате изученных в литературе методов построения тензометров с термокомпенсацией были определены параметры для пробного чувствительного элемента тензометрического датчика, на основании которых построен чертеж (рис. 1, а). Чувствительный элемент тензометра состоит из двух ВБР, записанных в ОВ на двух разных длинах волн брэгговского резонанса. Для приклейки волокна с парой решеток Брэгга использовались различные по характеристикам материалы, обладающие высокой термостойкостью и прочностью: эпоксидный клей и клей марки «К-400». Кроме того чувствительный элемент крепился к конструкции датчика различными способами: за акрилатное покрытие и за кварцевую часть ОВ. ВБР1 в свободном от деформации состоянии располагается на неподвижном выступе. ВБР2 фиксируется в «базе» тензометра, где от прикладываемой нагрузки происходит удлинение участка ОВ, приводящее к сдвигу длины волны ВБР. В свою очередь, тензометр спроектирован с возможностью болтового соединения к конструкциям и ее элементам (рис. 1, в).



а

б

в

г

Рис. 1. Чертежи деталей (а, б) и фото измерительного стенда (в, г)

Одним из важных шагов, направленных на разработку ВОД деформации и температуры, является его точная калибровка для определения воздействующих параметров при подключении к различным объектам. В большинстве случаев калибровка по температуре и деформации определяется экспериментально в лаборатории, когда датчик не зафиксирован на конструкции. В идеальном случае ВОД должен быть откалиброван путем правильного закрепления на объект с определенными структурными свойствами, влияющими на его тепловую и деформационную чувствительность. В работе представлен метод калибровки тензометрических датчиков с помощью балки равного сопротивления изгибу, у которой при заданной нагрузке наибольшие нормальные напряжения во всех сечениях одинаковы [5].

Исходя из геометрических габаритов прототипа тензометрического датчика с термокомпенсацией (рис. 1, а), а также диапазона предполагаемых измерений (относительное удлинение ε=2500 мкε) для изготовления балки равного сопротивления изгибу была выбрана конструкционная рессорно-пружинная сталь толщиной h=8 мм. Модуль Юнга E данного материала составляет 210 ГПа.

Определить величину деформации поверхности балки равного сопротивления можно по формуле:

$$\varepsilon = \frac{6Pl}{Ebh^2}, \quad (1)$$

где $P = mg$ – величина силы нагружения; l – расстояние от линии крепления балки до точки приложения силы; b – ширина балки в месте крепления; h – толщина балки.

Исходя из толщины материала балки, а также диапазона предполагаемых измерений, по формуле (1) были вычислены параметры балки равного сопротивления изгибу: b=63 мм, l=786 мм и построен чертеж (рис. 1, б). Отверстия в основе балки необходимы для фиксации самой конструкции, а отверстие на конце балки сконструировано для подвешивания груза.

Для проведения экспериментов был подготовлен измерительный стенд, использующий балку равного сопротивления изгибу и груз различной массы

(рис. 1, г). В оптической схеме измерения для проверки спектров ВБР использовался источник излучения и оптический анализатор спектра. Тензометр фиксировался на балке с помощью болтового соединения (рис. 1, в). В результате испытания тензометра с термокомпенсацией на измерительном стенде, получена зависимость сдвига резонансной длины волны от изменения относительного удлинения при увеличении и уменьшении нагрузки для образцов, полученных различными способами. Наилучший результат продемонстрировал датчик, чувствительный элемент которого крепился за кварцевую часть ОВ с помощью промышленного клея марки «К-400», а также рассчитана его чувствительность к растяжению, равная 0,81 пм/мкε в диапазоне нагрузок от 0 до 20 кг (0–2100 мкε).

Кроме того, важным шагом к разработке прототипа тензометрического датчика является создание модели, позволяющей рассчитать деформации и механические напряжения, возникающие в датчике и стенде. Представленная на рис. 2 модель состоит из жестко закрепленной с одной стороны изгибаемой балки, на свободном конце которой размещается инертная масса, отклоняющаяся при внешнем воздействии. При этом тензометрический датчик, выполненный по чертежу (рис. 1, а), фиксируется с верхней стороны кронштейна с помощью болтового соединения. Основным критерием моделирования являлась оценка деформации датчика в месте крепления ВБР2 под воздействием внешних растягивающих сил различной величины. Параметры балки выбирались исходя из чертежа изделия (рис. 1, б).

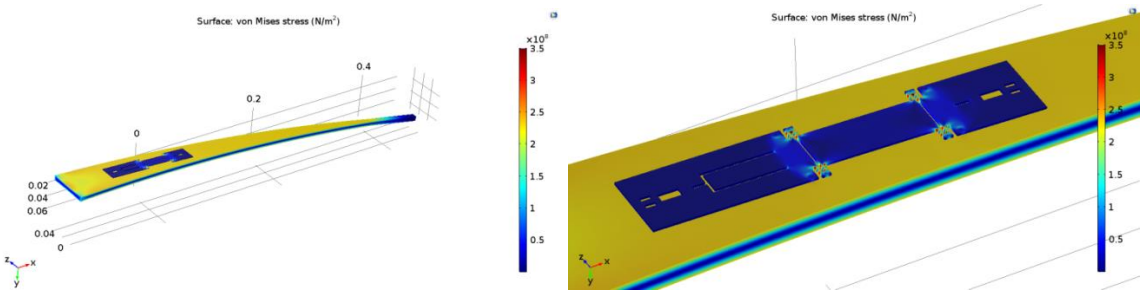


Рис. 2. Пример визуализации рассчитанного распределения механических напряжений

Полученные в ходе математического моделирования результаты позволяют сделать выводы о том, что деформация датчика, зафиксированного на изгибаемой пластине, увеличивается при увеличении нагрузки. Данные моделирования были положены в основу создания макета оптико-механической модели.

Заключение. Разработанный тензометрический датчик предлагает простую и недорогую систему измерения, большую надежность и использование режима регистрации сигнала по отражению. Также к числу основных его преимуществ можно отнести высокую точность измерения контролируемых величин, устойчивость к воздействию электромагнитных полей, высокую чувствительность и широкий динамический диапазон измерений. Чувствительный элемент датчика имеет маленькие габариты и, поэтому такое устройство может быть настроено и установлено на объектах с внесением минимальных изменений. Разработанный тензометр на двух ВБР спроектирован для болтового соединения к конструкциям и ее элементам. Он также позволяет одновременно измерять деформацию и температуру. Такое устройство позволит успешно решать задачи мониторинга транспортного и гидроэнергетического секторов, горнодобывающей и нефтяной отраслей, а также в гражданском строительстве и авиации.

Литература

1. Frazão O., Ferreira L.A., Araújo F.M., Santos J.L. Applications of Fiber Optic Grating Technology to Multi-Parameter Measurement // Fiber and Integrated Optics. – 2005. – V. 24. – P. 227–244.
2. Toccafondo I., Taki M., Signorini A. Hybrid Raman/fiber Bragg grating sensor for distributed temperature and discrete dynamic strain measurements // Opt. Lett. Papers. – 2012. – V. 37. – № 21. – P. 4434–4436.
3. Xu M.G., Archambault J.L., Reekie L., Dakin J.P. Discrimination between strain and temperature effects using dual-wavelength fibre grating sensors // Electron. Lett. – 1994. – V. 30. – P. 1085–1087.
4. Chehura E., James S.W., Tatam R.P. Temperature and strain discrimination using a single tilted fibre Bragg grating // Opt. Commun. – 2007. – V. 270. – P. 344–347.
5. Zhang S., Liu Y. Fabrication of FBG strain gauge used for high temperature strain monitoring // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – V. 668–669. – P. 920–923.



Некрылов Иван Сергеевич
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: nekrylov@corp.ifmo.ru

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО ТРАКТА

Некрылов И.С.
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Тимофеев А.Н.

В работе приводятся результаты теоретического исследования погрешностей оптико-электронной системы мониторинга состояния воздушного тракта (ОЭСМСВТ). Задача системы – определение параметров воздушного тракта, оказывающих наибольшее влияние на распространение оптического излучения. Система предназначена для повышения точности оптико-электронных систем контроля пространственного положения удаленных объектов по реперным меткам путем исключения или минимизации погрешностей, возникающих при распространении оптического излучения в неоднородном воздушном тракте. В работе приведен анализ основных параметров воздушного тракта, влияющих на ход оптической волны, рассмотрены методы измерения этих параметров, приведено описание принципа работы системы, исследование и расчет погрешностей работы ОЭСМСВТ.

Согласно [1] наиболее влияющими факторами, воздействующими на распространение оптического излучения в неоднородном воздушном тракте, являются турбулентность и вертикальная рефракция. Такое воздействие проявляется в виде флуктуаций интенсивности, амплитуды, поляризации, фазы и угла прихода излучения, а также в виде поперечного смещения оптического луча. Турбулентность характеризуется величиной структурной постоянной показателя преломления C_n^2, участвующей практически во всех выражениях, описывающих параметры оптической волны, распространяющейся в турбулентной среде. Вертикальная рефракция характеризуется

величиной вертикального градиента температуры $\nabla_y T$ воздушного тракта. Таким образом, задача ОЭСМСВТ сводится к определению двух величин: структурная постоянная показателя преломления и вертикальный градиент температуры.

Для выбора метода измерения величин C^2_n и $\nabla_y T$ и построения структурной схемы системы на основе выбранных методов был проведен анализ известных способов определения C^2_n и $\nabla_y T$.

Методы определения структурной постоянной показателя преломления:
- измерение дисперсии интенсивности;
- анализ изображения регулярных структур;
- измерения флуктуаций центра тяжести изображения.

Методы определения вертикального градиента температуры:
- введение поправочного коэффициента;
- дисперсионный метод;
- сравнение результатов геометрического и тригонометрического нивелирования.

В ходе анализа представленных методов, поиска их оптимальных комбинаций с точки зрения обеспечения точностных характеристик системы, единства конструктивной и программной базы были выбраны метод измерения флуктуаций центра тяжести изображения для определения структурной постоянной показателя преломления и дисперсионный метод определения вертикального градиента температуры воздушного тракта. На основе выбранных методов разработана структурная схема ОЭСМСВТ (рис. 1).

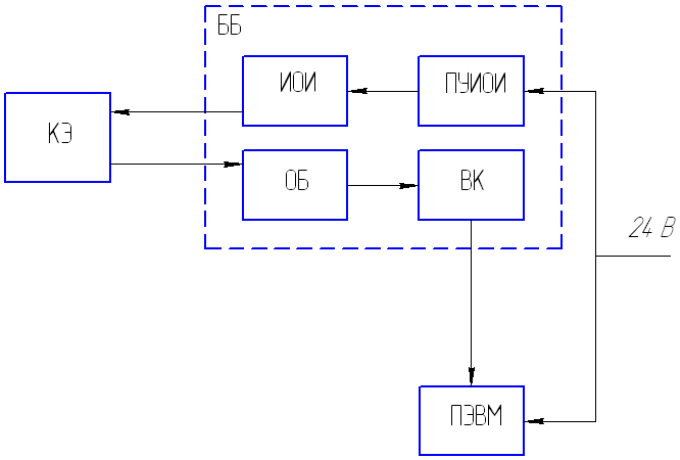


Рис. 1. Структурная схема оптико-электронной системы мониторинга состояния воздушного тракта: ББ – базовый блок; ИОИ – источник оптического излучения; ПУИОИ – пульт управления источником оптического излучения; ОБ – объектив; ВК – видеокамера; КЭ – контрольный элемент; ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

Физическая реализация системы представлена на рис. 2.

По рис. 2 видно, что оптическое излучение проходит через неоднородный участок воздушного тракта дважды. Воздушный тракт, по всей длине которого присутствует вертикальный градиент температуры, эквивалентен оптическому клину, гипотенуза которого ориентирована к источнику оптического излучения, а ориентация прямого угла зависит от знака градиента [2, 3]. Тогда при распространении излучения от ИОИ к КЭ луч с длиной волны λ_1 будет преломляться больше, чем луч с длиной волны λ_2 (при условии $\lambda_1<\lambda_2$). Распространение излучения через воздушный тракт в обратном ходе, т.е. от КЭ к ИОИ, будет компенсировать влияние воздушного тракта, оказанное на лучи λ_1 и λ_2 при прохождении излучения в прямом ходе, однако, следует учитывать, что в прямом ходе излучение обеих длин

волн выходило из одной точки, так как в системе используется трехцветный RGB светодиод, а в обратном ходе излучения от различных длин волн будут разнесены друг от друга в соответствии со смещением Δy_1 и Δy_2 [4].

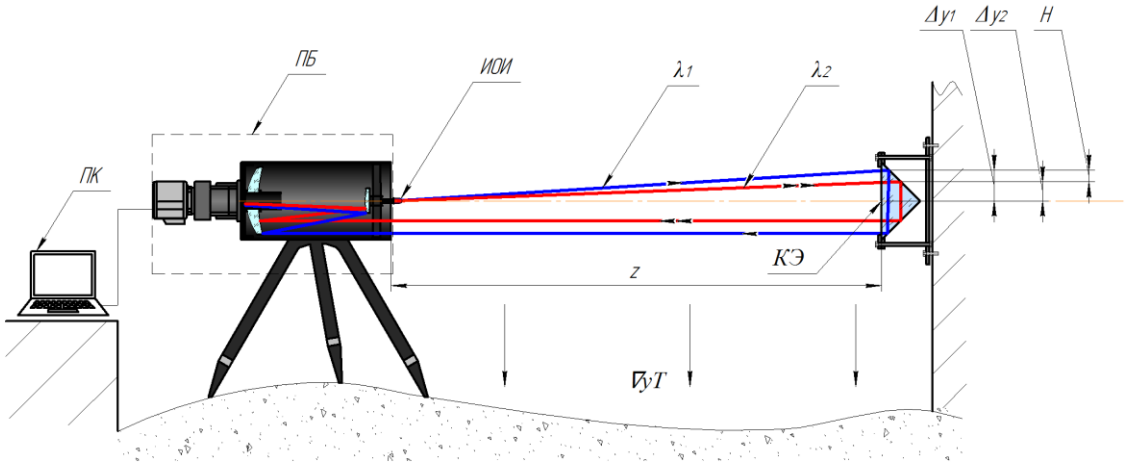


Рис. 2. Физическая реализация ОЭСМСВТ и геометрическая схема распространения оптического излучения в воздушном тракте с вертикальным градиентом температуры: ПК – персональный компьютер; ПБ – приемный блок; ИОИ – источник оптического излучения; КЭ – контрольный элемент; $\nabla_y T$ – вертикальный градиент температуры, где ∇ – оператор набла

Тогда значение $\nabla_y T$ можно выразить из разности смещений $\Delta y_1 - \Delta y_2$:

$$\nabla_y T = \frac{2(\Delta y_2 - \Delta y_1)T}{z^2(n_2 - n_1)} = \frac{2HT}{z^2(n_2 - n_1)}. \quad (1)$$

Определение координат энергетических центров (ЭЦ) изображений для длин волн λ_1 и λ_2 для вычисления их разности проводится с помощью метода спектрозонального разделения единого матричного фотоприемного поля с фильтром Байера (рис. 3).

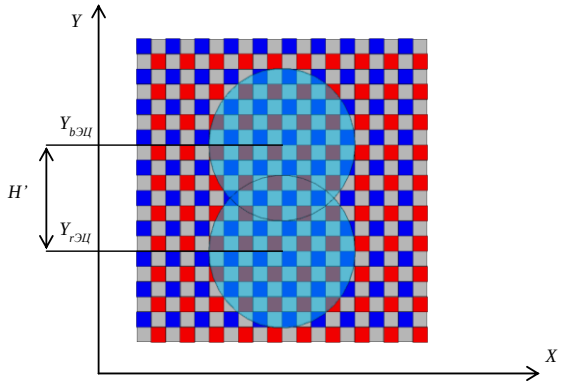


Рис. 3. Взаимное смещение излучения двух спектральных составляющих на матричном фотоприемнике с фильтром Байера: H' – разность координат ЭЦ изображений $Y_{bЭЦ}$ и $Y_{rЭЦ}$, соответственно

Тогда выражение (1) можно переписать как:

$$\nabla_y T = \frac{p\Delta MT}{z\Delta n f'}, \quad (2)$$

где $\Delta M = M_1 - M_2$ – разность координат ЭЦ изображений источника излучения для синих и красных пикселей, выраженная в пикселях; p – линейный размер пикселя; f' – фокусное расстояние объектива.

Считая градиент температуры стационарным процессом и принимая допущение, что излучение распространяется в едином рефракционном блоке, для определения

структурной постоянной показателя преломления достаточно измерить дисперсию угловых координат изображения источника оптического излучения [5]. Тогда структурная постоянная показателя преломления будет определяться согласно формуле:

$$C_n^2 = \frac{\sigma^2}{5{,}68 \cdot D^{-1/3} z},$$

где z – дистанция измерений; D – диаметр входного зрачка объектива; σ^2 – дисперсия угловых координат.

В соответствии с техническим заданием к системе были предъявлены требования по чувствительности к величине вертикального градиента температуры 0,01°С/м на максимальной дистанции работы и задан рабочий диапазон измерения величины вертикального градиента температуры от 0,1°С/м до 1°С/м. Для обеспечения требуемой чувствительности был проведен габаритно-энергетический расчет, в результате которого выбран матричный фотоприемник оптического излучения, источник оптического излучения, объектив и контрольный элемент в виде триппель-призмы.

Отдельные компоненты, условия и специфика работы оптико-электронной системы контроля состояния воздушного тракта предполагают наличие ряда погрешностей.

Источники погрешности определения $\nabla_y T$ можно разделить по присутствующим в выражении (2) величинам:

1. погрешность определения разности показателей преломления воздушного тракта $d\Delta n_i$;
2. погрешность задания размера пикселя dp;
3. погрешность определения температуры воздушного тракта dT;
4. погрешность определения дистанции измерений dz;
5. погрешность определения разности координат $d\Delta M$;
6. погрешность определения фокусного расстояния df'.

Дифференцируя выражение (2) по соответствующим параметрам и приводя их к геометрической сумме, получим зависимость суммарной погрешности определения вертикального градиента температуры от его фактического значения (рис. 4).

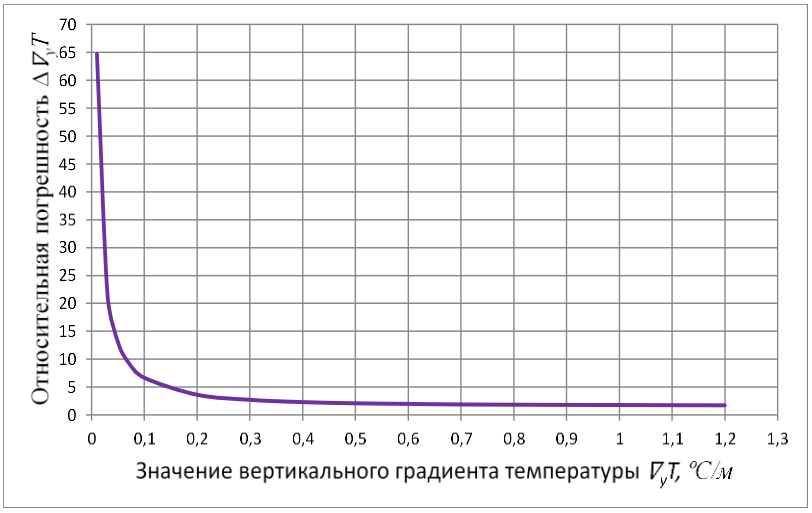


Рис. 4. Зависимость относительной погрешности определения вертикального градиента температуры воздушного тракта от его фактического значения

В результате для наихудших условий работы системы, т.е. при минимальной дистанции и максимальной температуре (по заданию) z=10 м и T=40°С,

соответственно, погрешность определения вертикального градиента температуры в диапазоне от 0,1°С/м до 1°С/м, заданного по заданию, не превышает 7%.

Дальнейшая работа направлена на исследование возможности оптимизации системы, увеличение чувствительности метода, уменьшения погрешности измерений за счет использования других алгоритмов обработки изображения. Также предлагается более детально исследовать турбулентные процессы воздушного тракта, методики их регистрации и способов восстановления исходного изображения по параметрам воздушного тракта.

В данный момент ведется исследование различных схем реализации системы мониторинга состояния воздушного тракта, основанных на дифракции и интерференции.

Литература

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение. – 2-е изд. – М.: Академический проект, 2008. – 591 с.
2. Рябова Н.М., Сальников В.Г. Методика исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 12–17.
3. Соболева Е.Л., Рябова Н.М., Бабасов С.А. Влияние оседания штатива, изменения угла *i* и вертикальной рефракции на нивелирование I класса // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т. 1. – № 1. – С. 105–110.
4. Vanicek P., Krakiwsky E.J. Geodesy: the concepts. – Elsevier, 2015. – 714 p.
5. Xue T. et al. Refraction wiggles for measuring fluid depth and velocity from video // European Conference on Computer Vision. – Springer International Publishing, 2014. – P. 767–782.



Одноворченко Павел Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № В4232
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: odn-pav@yandex.ru

УДК 535.651, 681.785.223

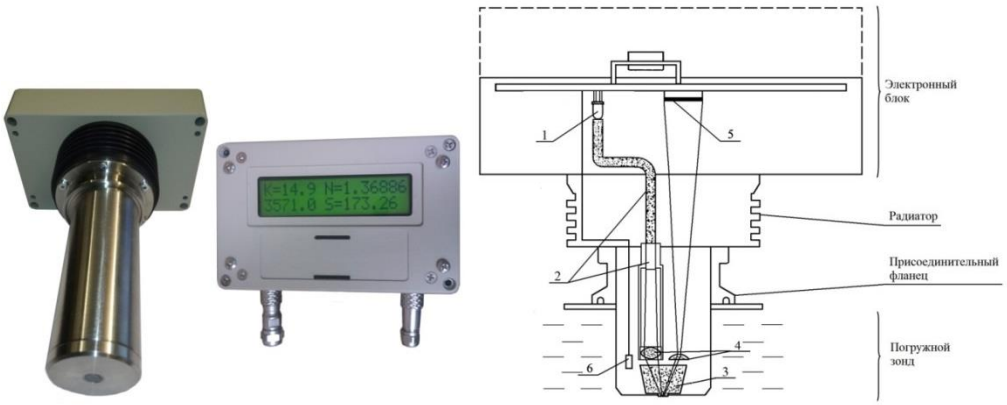
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПИЩЕВЫХ И ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Одноворченко П.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Яськов А.Д.

В основе управления разнообразными химико-технологическими производствами лежит правильно построенная система контроля технологических процессов и всего производства в целом. Высококачественный контроль обеспечивает максимальную производительность, безаварийность производства, высокое качество выпускаемой продукции [1]. Для технологического контроля состава жидкофазных сред в настоящее время широко применяются оптико-спектральные методы, в том

числе промышленная рефрактометрия и колориметрия [2, 3]. Однако, дорогостоящее и весьма сложное оборудование, может быть доступно не всем предприятиям. Помимо этого, применение такого контрольно-измерительного оборудования накладывает определенные ограничения на техническое обслуживание и сопровождение, так как, в основном, используются приборы зарубежного производства. Поэтому **цель работы** состояла в разработке и создании рефрактометрического и колориметрического датчика промышленного назначения, а также исследовании их метрологических характеристик.

Разработанный рефрактометр использует известные законы полного внутреннего отражения света на границе раздела сред с различными показателями преломления – исследуемой жидкофазной среды с меньшим показателем преломления и рабочей призмы рефрактометра с большим показателем преломления [1]. Внешний вид разработанного прибора приведен на рис. 1, а, а его структурная схема – на рис. 1, б.



а б

Рис. 1. Внешний вид разработанного рефрактометра (а); структурная схема рефрактометра (б): 1 – светодиод; 2 – оптоволоконный жгут; 3 – рабочая призма полного внутреннего отражения; 4 – линзы; 5 – линейка ПЗС; 6 – термодатчик

Существенное преимущество представляемого рефрактометра в сравнении с зарубежными аналогами состоит в том, что он представляет собой моноблок, совмещающий погружной зонд с оптической системой и электронный блок сбора, обработки и вывода данных измерений концентрации и температуры раствора.

Излучение от светодиода 1 с длиной волны λ=633 нм через оптоволоконный жгут 2 направляется на входную грань рабочей призмы полного внутреннего отражения 3, изготовленной из лейкосапфира. Отраженный поток излучения передается объективом 4 на ПЗС-линейку 5, где формируется изображение границы «свет-тень» при полном внутреннем отражении света на рабочей грани оптической призмы, контактирующей с исследуемым раствором. По положению границы «свет-тень» на ПЗС-линейке можно однозначно определить показатель преломления раствора при некоторой температуре. Сигналы с ПЗС-линейки 5 обрабатываются и выводятся на дисплей прибора в виде числовых значений показателя преломления, концентрации и температуры раствора. Вывод данных измерений также производится на два токовых выхода 4–20 mA. В состав прибора также входит температурный датчик 6, обеспечивающий корректировку показаний рефрактометра при изменении температуры раствора.

Для настройки и калибровки прибора была использована специально разработанная программа, которая позволяла выводить на внешний персональный компьютер распределение сигналов ПЗС-линейки по номерам элементов. Для калибровки прибора предполагалось использовать от 4 до 8 растворов, показатель

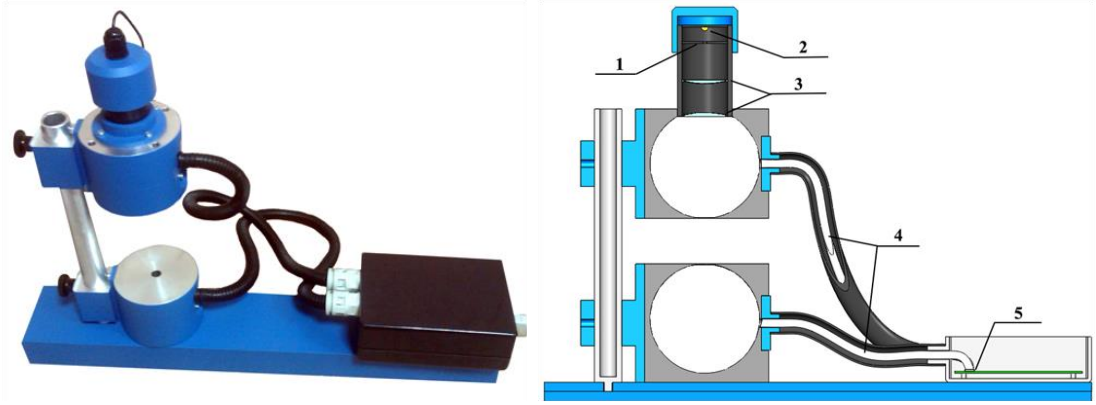
преломления которых измерялся при помощи лабораторных средств. Далее в образцы поочередно погружался зонд рефрактометра и определялся нормированный выходной сигнал ПЗС-линейки (S). На основании зависимости сигнала от концентрации раствора, была получена калибровочная зависимость, которая вводилась в память прибора. Сходимость результатов калибровки по показателю преломления составляла не более $\Delta n = \pm 0{,}0009$.

Стоит отметить, что по сравнению с зарубежными аналогами, данный прибор имеет следующие преимущества:

1. предлагаемая моноблочная конфигурация рефрактометра позволяет упростить и удешевить конструкцию в целом, а также оптимизировать программное обеспечение за счет исключения обмена данными между двумя отдельными устройствами, как это реализовано в зарубежных аналогах;
2. в предлагаемом рефрактометре использована оптическая призма, рабочая грань которой в 8–10 раз увеличена в сравнении с зарубежными аналогами. Это позволяет в большинстве случаев исключить внешние системы очистки рабочей грани призмы.

Одной из задач данной работы является разработка и создание колориметрического прибора для определения цветовых характеристик образца в проходящем и отраженном свете. По стандартам ISO (МКО) [4], в колориметрических приборах лабораторного назначения предполагается применение интегрирующей сферы.

Внешний вид разработанного прибора представлен на рис. 2, а, его структурная схема на рис. 2, б.



а б

Рис. 2. Оптико-электронный фотометр-колориметр: внешний вид (а); структурная схема (б): 1 – диафрагма; 2 – светодиод; 3 – линзы; 4 – оптическое волокно; 5 – фотодиод

Прибор представляет собой модуль, в состав которого входят:

1. осветитель на основе светодиода;
2. две интегрирующие сферы;
3. блок сбора, обработки данных на основе RGB-фотодиодов для измерения красной, зеленой и синей составляющих исследуемых потоков излучения.

Интегрирующие сферы были изготовлены в виде двух полусфер из алюминиевого сплава Д16 и имели схожие геометрические размеры:

– диаметр внутренней полости сфер: 70 мм;
– диаметр люка для установки образца: 10 мм.

Для обеспечения равномерного распределения падающего излучения в интегрирующих сферах, внутренняя поверхность их покрывалась краской на основе сульфата бария. Покрытие наносилось в несколько слоев согласно ГОСТ 55702-2013.

На рис. 3 представлены результаты измерения спектров отражения внутренней поверхности сфер после нанесения каждого слоя.

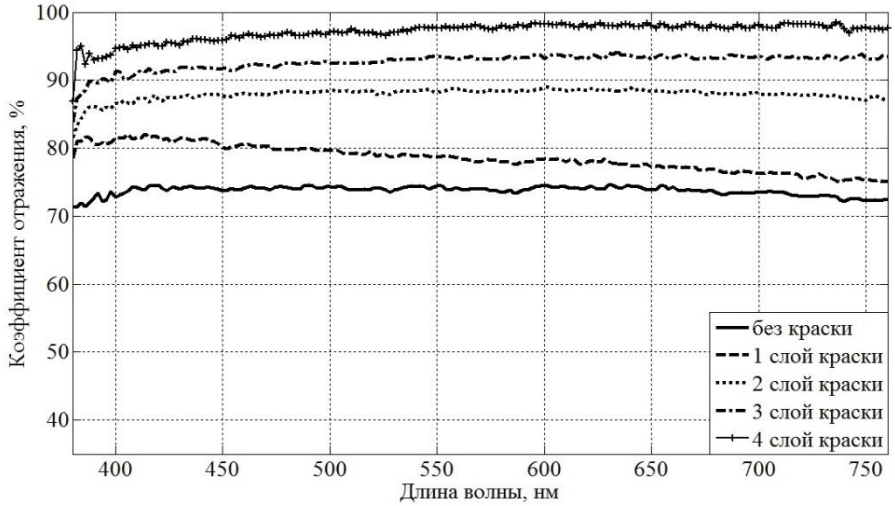


Рис. 3. Спектр отражения внутренней полости сфер после нанесения покрытия

Как видно из рисунка, после покраски коэффициент отражения внутренней поверхности сфер составляет 95–98% в диапазоне длин волн λ=380–760 нм.

Калибровка прибора предполагает измерение уровней «0%» и «100%» отражения и пропускания, а также сопоставление координат цвета, рассчитанных на основании спектров пропускания и отражения эталонов, с сигналами фотодиода, полученными от каждой интегрирующей сферы.

Для измерения уровней «0%» и «100%» отражения и пропускания предполагается расположение сфер относительно друг друга в 4-х различных положениях:

1. верхняя сфера с открытым портом для установки образца ($R_{0\%}$) – измерение уровня «0%» отражения;
2. верхняя сфера с диффузно отражающим эталоном на основе стекла МС-20 ($R_{100\%}$) – измерение «100%» отражения;
3. две соединенные концентрично сферы при отсутствии освещения без использования образца в зазоре между ними ($T_{0\%}$) – измерение «0%» пропускания;
4. две соединенные сферы с включенным источником излучения без использования образца в зазоре между ними ($T_{100\%}$) – измерение «100%» пропускания.

После измерения уровней «0%» и «100%» становится возможным получить значения коэффициента отражения и коэффициента пропускания исследуемого образца. Расчет результирующих коэффициентов отражения и пропускания производится по формулам:

$$R = r_{\text{стд}} \frac{R_{\text{обр}} - R_{0\%}}{R_{100\%} - R_{0\%}},$$

$$T = \frac{T_{\text{обр}} - T_{0\%}}{T_{100\%} - T_{0\%}},$$

где $r_{\text{стд}}$ – коэффициент отражения эталона (молочное стекло МС-20); $R_{\text{обр}}$, $T_{\text{обр}}$ – измерение коэффициентов отражения и пропускания образца.

Для сопоставления координат цвета эталона, рассчитанных на основании его спектра отражения и пропускания, с сигналами фотодиода, необходимо найти переходную матрицу X, используя выражение:

$$X = A^{-1} \cdot B,$$

где A – матрица сигналов фотодиода; B – расчетные значения координат цвета эталонов.

Рассчитав переходную матрицу X для эталонов, становится возможным получить значения координат цвета исследуемых образцов. В качестве тестовых образцов для измерения цветовых характеристик была использована цветная бумага. Образцы бумаги устанавливались в зазор между двумя интегрирующими сферами. Полученные экспериментальные значения цветовых характеристик сравнивались со значениями, рассчитанными на основании их спектров отражения и пропускания. Сходимость координат цвета, измеренных при помощи фотометра – колориметра и данных, полученных из спектров отражения, находится в пределах $\Delta R, G, B$=3,1, что удовлетворяет большинству применений колориметрических приборов.

Литература

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 424 с.
2. K-Patents Process Instrument. PR-23-GP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kpatents.com/products/ cornsweetener/pr23gp_corn, своб.
3. Datacolor, Inc.: Datacolor Elrepho [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://industrial.datacolor.com/products/, своб.
4. ISO 11664-3: 2012 (CIE S014-3/E:2011). Колориметрия. Часть 3. Координаты цвета CIE. – Вена: CIE Central Bureau, 2012. – 10 с.



Орипова Азиза Алишеровна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, группа № А4230
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: aziza.oripova@gmail.com

УДК 639.3.05, 502.72

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕННЫМИ ВОДНЫМИ БИОРЕСУРСАМИ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Орипова А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Овсюк Е.А.

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».

Лососевые рыбы, в том числе атлантический лосось, балтийская кумжа, являются одними из наиболее ценных объектов рыбного промысла в регионах Балтийского моря и Ладожского озера. Однако начиная с середины XX века добыча этих водных биоресурсов снижалась и в настоящее время дикие популяции лососевых достигли критических уровней, полностью или частично утратив свои естественные

нерестилища – их популяции в реках поддерживаются полным или частичным искусственным воспроизводством на рыбоводных заводах Ленинградской области.

Лососевые и сиговые виды рыб имеют огромное значение при решении задач обеспечения населения Северо-Запада России качественной рыбной продукцией. Дикие популяции лососевых и сиговых рыб хранят генетическое богатство и разнообразие рыбного сообщества на Северо-Западе России, их поддержание является основой устойчивой отрасли и одной из важных задач является восстановление популяций лососевых до промысловых размеров.

На сегодняшний день существует много программ по восстановлению диких популяций лососевых видов рыб, однако водоемы, которые важны в рыбохозяйственном значении для этих видов, имеют повышенные уровни загрязнения токсическими веществами, а именно нагульные акватории Балтийского моря и Ладожского озера и нерестовые реки. В связи этим возникает вопрос о возможности и целесообразности восстановления данных видов до промысловых.

Учитывая пищевые преимущества диких видов рыб относительно рыбоводной продукции, особое значение имеет информация о накоплении и миграции токсикантов в организмах диких видов лососевых и сиговых рыб.

Важным фактором является необходимость обеспечения допустимых уровней загрязнения воды в рыбохозяйственных реках в соответствии с требованиями наиболее чувствительных стадий развития ранней молоди. В связи с нарастающим антропогенным прессом на водоемы Балтийского моря и Ладожского озера, для принятия административных решений о целенаправленном восстановлении популяций исследуемых рыб в конкретных реках, необходимы новые данные о современном состоянии аккумуляции и миграции тяжелых металлов у разных возрастов рыб.

Целью исследования являлось проведение анализа накопления металлов в мышцах и тканях молоди кумжи и лосося, для определения уровня их содержания и оценки токсического эффекта на молодь, а также для установления закономерностей накопления отдельных тяжелых металлов в организмах молоди рыб исследуемых видов.

Объектами исследования являлись лососевые рыбы, а именно атлантический лосось, озерная кумжа и озерный лосось.

На Северо-Западе России наибольшее распространение получили садковые хозяйства в открытых водоема по выращиванию домашней форели и норвежского лосося. Выращивание одомашненных форм лососевых рыб является быстрым способом наполнить рынок рыбной продукцией, однако, садковое хозяйство, как и садковая продукция, имеют существенные недостатки: различия пищевых свойств одомашненной рыбы и дикой (повышенное содержание жира, продуктов распада антибиотиков и противогрибковых средств), негативное воздействие садкового хозяйства на водную среду путем загрязнения водоемов биогенными элементами и химикатами, высокие экологические риски вследствие занесения в водоемы паразитов рыб типичных для зарубежных производителей, но не характерных для российских регионов и связанное с этим увеличение численности патогенных организмов [1], попадания одомашненных форм рыб в природную среду при разрыве садков и их гибридизация [2–4].

Для сохранения благоприятных экологических условий наиболее верным путем является восстановление популяций диких видов рыб в водоемах регионов, с присущими им полезными пищевыми качествами.

При проведении исследований по определению тяжелых металлов использовались рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), капиллярный электрофорез.

Накопление тяжелых металлов было исследовано в мышцах и внутренних органах сеголетков и годовиков лососевых рыб (озерная кумжа, озерный лосось, атлантический лосось), выращиваемых на рыбоводных заводах ФГБНУ «Севзапрыбвод» (Свирский рыбоводный завод, Невский рыбоводный завод).

Во внутренних органах накопление металлов исследовалось методом взятия суммарной пробы из брюшной полости мальков ввиду их малого размера. Условия выращивания мальков на рыбоводных заводах сходны по технологии: они выращиваются «от икринки», икра заготавливается от отловленных в реке диких производителей, молодь выращивается для выпуска в реки Ленинградской области и восстановления природных популяций. Выращивание происходит в бассейнах с проточной речной водой, таким образом, обеспечивается максимально безболезненная адаптация молоди при выпуске в реку.

В последние десятилетия в связи с развитием промышленных предприятий, портовых и селитебных зон вдоль р. Свирь и р. Нева, интенсификацией судоходства по реке, уровни загрязненности р. Свирь и р. Нева повысились и могут представлять опасность для рыбоводных предприятий.

В настоящей работе проведен анализ накопления металлов в мышцах и тканях молоди кумжи и лосося, для определения уровня их содержания и оценки токсического эффекта на молодь, а также для установления закономерностей накопления отдельных тяжелых металлов в организмах молоди рыб этих видов.

Наибольшие значения накопления тяжелых металлов в мышцах молоди отмечено для стронция и цинка (табл. 1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в мышцах молоди лосося и кумжи, мг/кг сухого веса

Вид	Водоем	Длина, см	Sr	Pb	As	Zn
Озерная кумжа	р. Свирь	6	62	5	16	97
Озерная кумжа	р. Свирь	17	17	4	4	54
Озерный лосось	р. Свирь	7	290	4	13	111
Атлантический лосось	р. Нева	8	193	3	9	145
Атлантический лосось	р. Нева	13	37	8	104	104

Исследование соотношения магния, стронция и кальция в тканях сеголеток кумжи показало сравнительно большее накопление во внутренних органах стронция, а в мышцах – кальция и магния (табл. 2). Содержание кальция в обоих случаях более чем в 300 раз превосходит накопление стронция, что свидетельствует о благополучной ситуации в месте выращивания молоди в отношении наличия подвижных форм стронция.

Таблица 2. Соотношение магния, стронция и кальция в тканях сеголеток кумжи озерной

Ткани	Содержание, мг/дм^3			Соотношение		
	Mg	Sr	Ca	Ca/Sr	Ca/Mg	Mg/Sr
Внутренние органы	5,43	0,21	65,25	307,06	12,03	25,53
Мышцы	8,00	0,16	60,25	387,46	7,53	51,45

Во внутренних органах в целом преимущественно накапливается цинк, медь и свинец, различие между накоплением в мышцах и внутренних органах стронция и мышьяка незначительное. Во внутренних органах в большей степени аккумулируется стронций, а в мышцах – кальций и магний. Содержание кальция у озерной кумжи и атлантического лосося более чем в 300 раз превосходит накопление стронция, что

свидетельствует о благополучной ситуации в месте выращивания молоди в отношении наличия подвижных форм стронция. Накопление меди и кадмия у молоди атлантического лосося выше, чем у озерной кумжи, для свинца наблюдается обратная ситуация.

Для оценки связи содержания тяжелых металлов в мышцах молоди лососевых рыб с возрастной группой и водным объектом применялся метод парной корреляции средних значений при уровне достоверности p=0,95.

Анализ корреляционной связи содержания тяжелых металлов в мышцах молоди лососевых рыб с возрастной группой по средним значениям для группы показал, что накопление свинца и мышьяка практически не связано с возрастной группой мальков, в то время как содержание стронция и цинка показывает обратную корреляцию с длиной мальков (табл. 3). Последнее означает, что накопление цинка и стронция значительно сильнее происходит у ранних стадий развития мальков (сеголеток, 6–10 см), чем у более старшей возрастной группы (годовик, 15–20 см), что можно связать со значительно большей уязвимостью мальков раннего возраста к данным токсикантам. Этому могут быть причиной более слабые покровы тела (кожа, чешуя), чувствительность жабр и способность организмов к выведению данных токсикантов.

Таблица 3. Анализ связи содержания тяжелых металлов в мышцах молоди лососевых рыб с возрастной группой и водным объектом

Коэффициент корреляции	Sr	Pb	As	Zn
Длина мальков/ содержание тяжелых металлов	–0,64	0,20	0,18	–0,72
Водоем/содержание тяжелых металлов	–0,04	0,32	0,59	0,62
Вид рыбы/содержание тяжелых металлов	0,32	0,24	0,55	0,75

У молоди исследуемых лососевых рыб (озерная кумжа, озерный лосось, атлантический лосось), выращиваемых на рыбоводных заводах Ленинградской области, наибольшие значения накопления тяжелых металлов в мышцах отмечены для стронция и цинка. Выявлено значительные содержания кальция во внутренних органах и мышцах исследуемых видов по сравнению с содержаниями стронция, что свидетельствует о благополучной ситуации в месте выращивания молоди в отношении наличия подвижных форм стронция. Накопление свинца и мышьяка практически не связано с возрастной группой мальков, в то время как содержание стронция и цинка показывает высокую обратную корреляцию с длиной мальков, что говорит о значительно большей уязвимости мальков раннего возраста к тяжелым металлам.

Полученные результаты свидетельствуют о допустимости и целесообразности восстановления исследуемых популяций диких лососевых до промысловых значений, но при этом строго необходим регулярный мониторинг содержания цинка и стронция в водоемах нереста и нагула. Полученные зависимости аккумуляции и распределения тяжелых металлов внутри исследуемых групп (балтийские и ладожские группы), и выявленные закономерности накопления стронция могут послужить научной базой для более эффективного контроля безопасности рыбоводной продукции диких лососей Северо-Запада России и обеспечения ее высокого качества.

Литература

1. Report of the working group on ecosystem effects of fishing activities. – 2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/106225/CM_2002_ACE_03.PDF?sequence=1&isAllowed=y, своб.
2. Thorstad E.B., Fleming I.A., McGinnity P., Soto D., Wennevik V. & Whoriskey F. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon Salmo salar in nature. – NINA Special Report 36, 2008. – 110 p.

3. Økland F., Heggberget T.G. & Jonsson B. Migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (Salmo salar) during spawning // Journal of Fish Biology. – 1995. – V. 46. – P. 1–7.
4. Tymchuk W.E., Devlin R.H., Withler R.E. The role of genotype and environment in phenotypic differentiation among wild and cultured salmonids [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/237431691_The_Role_of_Genotype_and_Environment_in_Phenotypic_Differentiation_Among_Wild_and_Cultured_Salmonids_WE_Tymchuk_RH_Devlin_and_RE_Withler_Cultured_and_Wild_Fish_Disease_Interactions_in_the_Canadian_Mar, своб.



Письмак Алексей Евгеньевич
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4212
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: alexey.pismak@cs.ifmo.ru

УДК 004.912

ФОРМИРОВАНИЕ ПОИСКОВЫХ ЗАПРОСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Письмак А.Е.
Научный руководитель – к.т.н., ассистент Перминов И.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615869 «Методы проектирования ключевых систем информационной структуры».

Современное общество со временем все больше приобщается к техническим новинкам, которые становятся все более интеллектуальными, понимающими персональные предпочтения своих пользователей и помогающими им удобно организовать различные бытовые и бизнес процессы. К таким техническим новинкам сейчас можно отнести, например, управление различными устройствами при помощи голосовых команд, машинный перевод, сентимент-анализ текста и множество других. Тем не менее, формат обрабатываемых данных в таких технологиях остается текстовым. В настоящее время основной фокус в этой области сосредоточен на возможностях и перспективах семантической обработки текстовой информации, так как это очень востребовано на рынке, в частности, спрос на системы интеллектуального поиска по базам документов в рамках предприятия [1]. Интеллектуальный или смысловой поиск учитывает семантику запроса пользователя и осуществляет выборку документов, учитывая смысловое содержание. Очевидно, такой подход повышает пертинентность результатов поиска. Ввиду всего вышесказанного, **целью работы** было поставлено повысить пертинентность результатов поиска [2] за счет формирования запросов с использованием семантической сети.

Предложенный в рамках данной работы подход может заменить существующий метод лексико-морфологического поиска, главным недостатком которого является серьезная погрешность при ошибочном разрешении лексической многозначности [3].

Разработанный подход основан на простой идее, которая заключается в том, что пользователь, формируя запрос, точно знает смысловое значение каждого понятия, из которых формируется текст поискового запроса [4]. Получается, что при формировании запроса можно обязать пользователя указать, какой именно смысл закладывается в те или иные лексемы. В таком случае, вся дальнейшая работа сводится к тому, чтобы выяснить какими лексемами может быть выражено каждое понятие смыслового запроса пользователя и отдать множество этих понятий поисковой корпоративной системе. При этом есть несколько особенностей, которые стоит пояснить.

Во-первых, источником лексем в таком случае может быть только структура, которая связывает смысловые значения с их представлением. Такую структуру необходимо не только построить, но и заполнить актуальными данными. Связность смысловых значений такой структуры будет напрямую влиять на точность получаемых результатов. Отсюда вытекают высокие требования к необходимой семантико-грамматической структуре данных.

Во-вторых, такой подход дает возможность хранить представления смысловых значений независимо от их языка, что делает возможным поиск по смыслу документов на разных языках, что в принципе невозможно в методах лексического поиска.

Рассмотрим предлагаемый подход на конкретном примере. Пользователь вводит поисковый запрос «Машина запчасти». Реакцией системы в таком случае заключается в том, что пользователю предлагается уточнить смысловые значения вводимых лексем, что предоставляет системе в качестве параметров запроса множество смысловых значений A (1), каждое из которых ассоциируется с одним конкретным узлом семантической сети.

$A = \{ a_1 =$ машина#автомобиль", a_2="запчасть#деталь"$\}$. (1)

Зная о множестве смысловых значений, искомых пользователем в документах, мы можем оперировать семантико-грамматической структурой для построения запроса, выполняемого существующей корпоративной поисковой системой. Для построения таких запросов рассмотрим предложенную структуру семантической сети, и ряд правил, оперирующих данными, хранимыми в этой структуре.

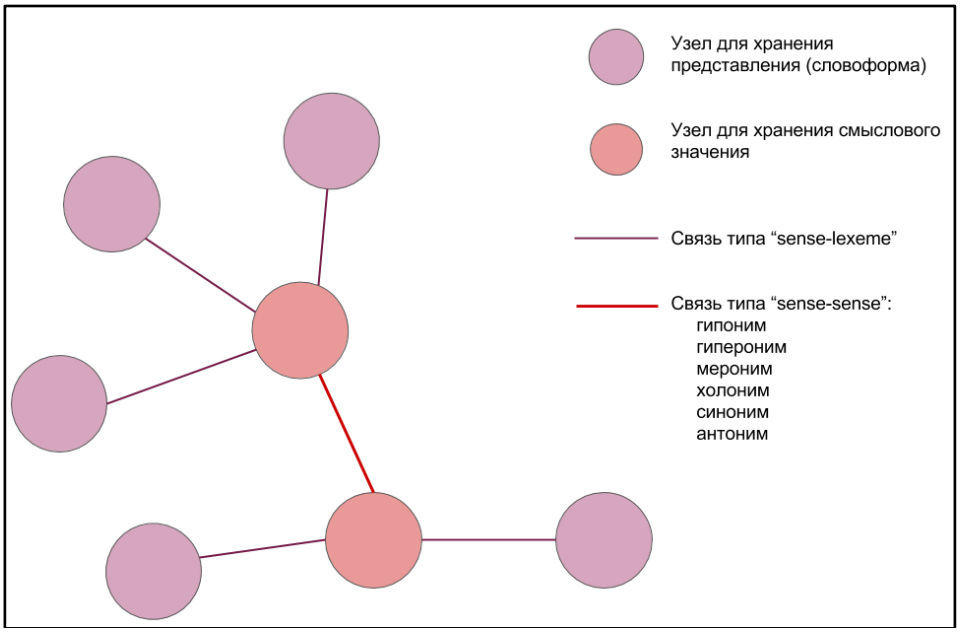


Рис. 1. Схема узлов и связей семантической сети

Структура семантической сети, предложенная в рамках данной работы, имеет множество параметров и особенностей, которые отличают ее от существующих аналогов. В первую очередь это связано со спецификой решаемой задачи, т.е. с прецедентами использования этой структуры. Отметим, что семантическая сеть – это ориентированный граф понятий и лексико-морфологических узлов. Подход к такому отображению данных позволяет не перемешивать разные слои абстракции данных, а именно семантические и лексические данные. На рис. 1 представлена схема отношений узлов такой сети и возможные типы связей.

Такая структура позволяет оперировать смысловыми сущностями, используя семантические отношения, имеющиеся в сети. Каждый смысловой узел в такой сети ассоциирован с множеством лексем, которыми он может быть выражен.

Наличие корпоративной поисковой системы и семантической сети еще не дает возможности осуществлять «умный» поиск в базе документов. Для интеграции указанных инструментов необходимо реализовать модуль, который бы позволял компоновать данные из семантической сети и формировать из этих данных запросы. На первый взгляд, описанный ранее подход, предоставляет множество лексем, объединив которые в синтаксис поисковой системы, можно получить готовый перечень результатов. Однако такой перечень результатов окажется б*о*льшим, и б*о*льшая часть этих результатов не будет отвечать ожиданиям пользователя, что говорит о низкой пертинентности результатов. Для решения этой проблемы, был предложен механизм семантического усечения.

Для того, чтобы показать, как работает семантическое усечение стоит вернуться к самому началу работы предлагаемого подхода. Началом работы алгоритма считается ввод пользователем лексемы, после чего система предлагает уточнить вводимые понятия до конкретных семантических узлов соответствующей сети. После этого уточнения система обладает знанием о двух фактах. Во-первых, однозначно известен смысловой узел, который передает смысловую нагрузку, искомую пользователем. Во-вторых, система точно знает о множестве смысловых узлов, которые не являются носителями смысловых значений, необходимых пользователю. С одной стороны, это вполне очевидные факты, однако эти знания позволяют осуществить усечение документов по содержащимся в них лексемах, не имеющих отношения к искомому смыслу в тексте. Для описания этого состояния введем множество $\bar{A}$, которое содержит семантические узлы, не выбранные пользователем при формировании семантического запроса и множество L_s, которое содержит лексемы, которыми может быть представлен искомый смысл. Тогда, пусть множество $\overline{P_s}$ примет значения тех лексем, которыми могут быть выражены смысловые значения, которые отбросил пользователь. При такой ситуации, множество лексем (2) является исключаемым из результирующих документов.

$$E = \bar{P}_s \backslash L_s. \quad (2)$$

Так, функции выборки всех искомых лексем примет вид (3).

$$L_s = \left(\text{slex}\left(\text{syn}(a_1)\right)\right) \cap \left(\text{slex}\left(\text{syn}(a_2)\right)\right) \cap \ldots \left(\text{slex}\left(\text{syn}(a_n)\right)\right) \setminus E. \quad (3)$$

При использовании этой коррекции, мы получаем следующий сценарий преобразования. Мы, как и говорилось прежде, находим множество лексем, которые мы хотим встретить в тексте документов. Эти лексемы извлекаются из сети, указывая на те смысловые узлы, которые соответствуют семантике запроса

пользователя. Затем мы находим лексемы, которые являются представлениями для смысловых значений, которых пользователь не ожидает в результатах. Среди этого множества «неожидаемых» лексем мы удаляем те, которые имеются в множестве «ожидаемых». Результат такой разности (2) дает набор лексем, которые однозначно выражают те смысловые значения, которые пользователь не ожидает в документах в списках результатов.

При вычислении (3) мы используем функции $\mathrm{slex}(s)$ и $\mathrm{syn}(a)$ для получения всех лексем семантических узлов, указанных в параметре s и для выборки всех синонимичных понятий узла a. Логическим продолжением усовершенствования алгоритма уточнения, является использование иных видов семантических отношений. Например, гипонимия может быть использована в таком же контексте, как и синонимия из описанного ранее примера. Но помимо логики «схожести» семантических понятий можно использовать свойства антонимии. Т.е. из результатов можно исключать не только корреляцию, представленную в (2), но также исключать лексемы понятий, которые являются антонимичны по отношению к тем, которые ищет пользователь. Для уточнения с использованием антонимии введем функцию $\mathrm{ant}(s)$, которая возвращает множество семантических узлов, которые являются антонимами по отношению к значению s. Тогда функция корреляции примет вид (4).

$$E = \left(\mathrm{slex}(\mathrm{ant}(s) \setminus L_s)\right) \cup \bar{P}_s \setminus L_s, \quad (4)$$

где s – это множество введенных пользователем понятий. Функция выборки искомых лексем при этом не изменится.

Функция (4) при этом, позволяет удалить большее число результатов, что позволяет с б*о*льшей вероятностью гарантировать пертинентность получаемых на выходе документов. Однако погрешность все еще остается, а ее величина зависит от двух факторов. Во-первых, сочетание одного понятие с противоположным ему, как, например, оксюморон. Во-вторых, велика зависимость от степени связности узлов семантической сети.

Транслингвальный поиск – это, пожалуй, наиболее интересное и новаторское решение, которое реализуется только за счет особенностей полученной структуры. Связано оно с тем, что лексемы, описывающие смысловой узел могут быть представлены на разных языках, а следственно, найденные документы также могут быть пертинентны, хотя и иметь контент на различных языках.

Все предложенные правила формирования искомых в документах лексем были реализованы и интегрированы с системами корпоративного поиска Sphinx и Apache Lucene. В рамках работы была реализована структура семантической сети, которая была наполнена данными из открытых словарных источников. Ряд экспериментов, проведенных на построенной системе, показали значительный прирост пертинентности при вводе пользователем более двух смысловых значений в качестве поискового запроса. Результаты экспериментов представлены на рис. 2. Эксперименты были проведены при формировании запросов:

1. без использования семантических связей;
2. с использованием только синонимии;
3. с использованием гипонимии;
4. с использованием транслингвальных данных;
5. грамматический поиск.

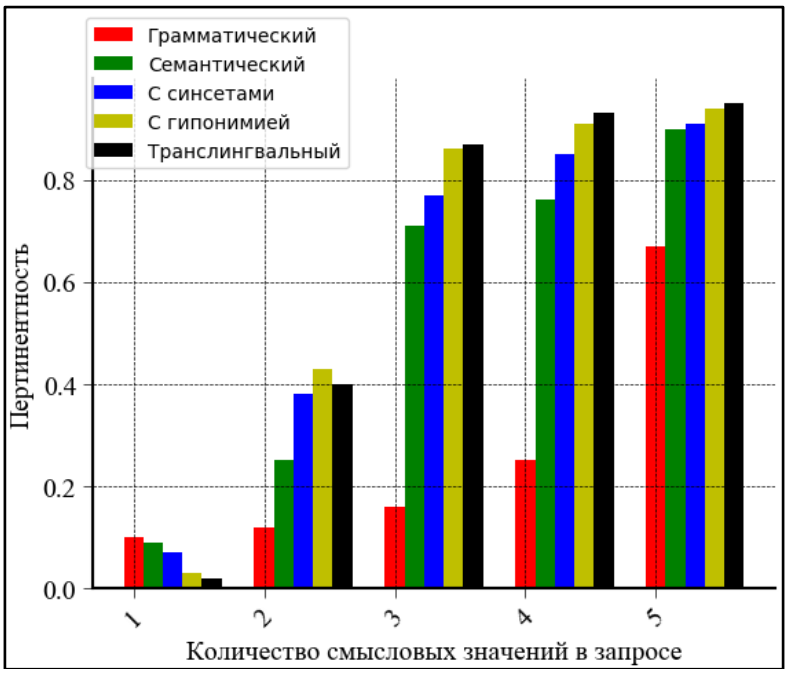


Рис. 2. Результаты экспериментов

Грамматическим поиском назван поиск без использования разработанного модуля, а осуществляемый только средствами поисковой корпоративной системы.

В заключении стоит отметить, что предложенный подход имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими механизмами поиска, однако был выявлен и ряд недостатков, а именно:

1. пользователь тратит больше времени на формирование запроса;
2. низкая производительность при высокой связности семантической сети;
3. низкая связность семантической сети приводит к увеличению погрешности.

Однако, идеи, закладываемые в корень предлагаемого подхода, имеют множество направлений развития этой темы. В частности, одно из возможных направлений заключается в том, чтобы искать в текстах семантические конструкции, которые бы могли описывать целые смысловые ситуации. Это возможно реализовать, объединив идею поиска смысловых значений, представленную в этой работе и идею семантических фреймов, предложенную Чарльзом Филлмором. Также, каждый из недостатков, обнаруженных в этом подходе, задает вектор дальнейшего развития этого подхода, как механизма обработки текстов на естественном языке.

Литература

1. Veloutsou C. Predicting Disloyalty to a Search Engine: The Role of Satisfaction, Brand Relationship, Reputation and the Search Engines Features // Looking Forward, Looking Back: Drawing on the Past to Shape the Future of Marketing. – 2016. – P. 333–336.
2. Пальчунов Д.Е., Ульянова Е.А. Методы автоматического порождения поисковых эвристик // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2010. – Т. 8. – № 3. – С. 5–12.
3. Сербин О. Современная систематизация в контексте развития технологических аспектов индексирования и поиска документов // Бібліятэчны вестнік. – 2013. – № 5. – С. 123–131.
4. Bast H. et al. Semantic Search on Text and Knowledge Bases // Foundations and Trends® in Information Retrieval. – 2016. – V. 10. – № 2-3. – P. 119–271.



Самборский Иван Михайлович
Год рождения: 1993
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № М4238
Направление подготовки: 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: samborskiy.ivan@gmail.com

УДК 004.85

РЕКОМЕНДАЦИЯ КАТЕГОРИИ МЕСТА НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ

Самборский И.М.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Фильченков А.А.

В последние годы, социальные сети играют решающую роль в повседневной жизни индивидуумов. С каждым днем увеличивается число пользователей, использующих несколько социальных сетей одновременно. Исходя из этого, стоит предположить, что данные из нескольких социальных сетей объединенные в одной модели могут повысить производительность систем, решающих такие задачи как профилирование пользователей и рекомендации. Для поддержки вышеуказанных суждений, в данной работе мы описываем рекомендательную систему, которая использует несколько социальных сетей одновременно, и доказываем, что объединение данных из различных источников позволяет достичь более высокой производительности при решении задачи рекомендации по сравнению с существующими подходами.

Сейчас многие пользователи одновременно используют две и более социальных сети ежедневно [1], что позволяет сделать предположение о том, что интересы таких пользователей могут быть определены лучше, если использовать в модели данные из нескольких источников, описывающих пользователей с различных сторон.

В рамках этой работы, была предложена система, предназначенная для рекомендации категории места (магазин одежды, отель), которая объединяет групповые и индивидуальные знания для осуществления рекомендации основанной на мультимодальных данных из различных социальных сетей. Так как ранее было установлено, что рекомендация получается эффективней при комбинации индивидуальных и групповых знаний [2], поскольку первое описывает личный опыт пользователя, в то время как, второе – помогают повысить разнообразие рекомендуемой выборки. Индивидуальные знания в нашей модели представлены в виде прошлого опыты пользователя – посещенные пользователям категории мест. А групповые знания извлекаются из сообществ пользователей. Формально наш подход записывается следующим образом:

$$\mathrm{rec}(u) = \mathrm{sort}\left(\gamma \cdot vec_u + \theta \frac{\sum_{v \in C_u} vec_v}{|C_u|}\right),$$

где vec_u – распределение пользователя u по категориям мест, а правая часть – распределение всех членов сообщества по категориям мест; γ и θ – коэффициенты, отвечающие за важность индивидуальных и групповых знаний, соответственно.

Одной из наиболее распространенных формулировок задачи определения сообществ является ее представление в виде проблемы минимизации среза (англ. MinCut) [3], которая для заданного числа k, заключается в нахождении подмножеств

$C_1, \ldots, C_k$ таких, что они минимизируют выражение $cut(C_1, \ldots, C_k) = \sum_{i=1}^{k} W(C_i, \overline{C_i})$, где W – функция расстояния.

MinCut проблема является трудной, но может быть приближенно решена с помощью, так называемой, спектральной кластеризации (англ. spectral clustering) [3]:

$\min_{U \in R^{n \times k}} \mathrm{tr}(U^{\intercal} L_{sym} U)$, т. ч. $U^{\intercal} U = I$.

Стремясь повысить производительность рекомендации, был разработан подход для определения сообществ пользователей на основе данных из нескольких источников. Для представления связей между пользователями используется многослойный граф, каждый слой которого построен на основе косинусного расстояния между векторами признаков пользователей из этого источника данных. Таким образом, целевая функция принимает следующий вид:

$$\min_{U \in R^{n \times k}} \mathrm{tr}\left(U^{\intercal} \sum_{i=1}^{M} (\widehat{L_i} - \alpha \widehat{U_i} \widehat{U_i^{\intercal}})\, U\right),$$

где $\widehat{L_i} = L_i - \beta_i \sum_{j=1, j \neq i}^{M} w_{i,j} U_j U_j^{\intercal}$, а $w_{i,j}$ – схожесть между источниками i и j.

Оценка эффективности полеченной рекомендательной системы осуществлялось на основе наборов данных NUS-MSS [4] и TwiSty [5]. Они объединяют в себе данные из трех социальных сетей одновременно (Twitter[1], Foursquare[2] и Instagram[3]). NUS-MSS представляет данные для периода с 10 июля 2014 по 20 декабря 2014 для трех городов: Лондон, Нью-Йорк и Сингапур. А TwiSty – для периода с 22 декабря 2010 по 27 апреля 2017 без учета регионального признака.

Данные были разделены на две выборки: обучающую и тестовую. В итоге, было получено:

- 813 пользователей из Лондона (NUS-MSS);
- 1602 из Нью-Йорка (NUS-MSS);
- 1801 из Сингапура (NUS-MSS);
- 803 пользователей без учета регионального признака (TwiSty).

Число объектов рекомендации (категорий места) одинаковое для всех трех географических регионов и равно 764.

В качестве оценки использовалась мера NDCG@p (Normalized Discounted Cumulative Gain), которая определяется как $\mathrm{NDCG@}p = \frac{\mathrm{DCG@}p}{\mathrm{IDCG@}p}$, где $\mathrm{DCG@}p = \sum_{i=1}^{p} \frac{2^{rel_i}}{\log_2(i+1)}$, IDCG – максимально возможное значение (Ideal) DCG для конкретного запроса, $rel_i = \frac{Cat_j}{N_{Cat}}$ – релевантность результата на позиции i, где Cat_j – количество посещений мест, принадлежащих к категории i, а $N_{Cat} = 764$ – общее количество категорий Foursquare.

В качестве базовых алгоритмов выбраны следующие подходы к рекомендации:

- Popular (POP) – выполняет рекомендацию, основываясь только на прошлом опыте пользователя, в нашем случае это распределение по категориям мест, в которых отмечался пользователь в прошлом;
- $\mathrm{Popular_{All}}$ ($\mathrm{POP_{All}}$) – рекомендация основывается на агрегировании опыта всех пользователей, что приводит к рекомендации не зависящий от пользователя;
- Multi-Source Re-Ranking (MSRR) – линейно объединяет результаты рекомендаций из всех источников данных, используя веса, определенные с помощью метода спуска;

[1] https://www.twitter.com
[2] https://www.foursquare.com
[3] https://www.instagram.com

– Nearest Neighbors Collaborative Filtering (CF) – производит рекомендацию, основываясь на наиболее близких пользователей из источника рекомендации;
– Early Fusion (EF) – объединяет данные с несколькими источниками в единый вектор признаков и выполняет рекомендацию, используя CF;
– Implicit Feedback-Enhanced Singular Value Decomposition (SVD++) – рекомендация с использованием неявной обратной связью в факторизационной модели;
– Factorization Machines (FM) – объединяет преимущества различных моделей, основанных на факторизации посредством эффективной регуляризации.

А также частные случаи нашего подхода – C^3R (кроссплатформенная рекомендация категории места на основании сообществ пользователей, англ. Cross-Source User Community-Based Collaborative venue category Recommendation):
– $C^3R_{-\hat{L}}$ – ИиГР при $\beta_i = 0, i = 1..M$;
– $C^3R_{-\hat{L}-L_{mod}}$ – ИиГР при $\beta_i = 0, i = 1...M$ и $\alpha = 0$.

Полученные результаты сравнения эффективности рекомендации C^3R относительно базовых алгоритмов представлены на рисунке. Из рисунка видно, что слияние нескольких источников данных в единую рекомендательную систему может значительно повысить производительность рекомендации по сравнению с другими подходами.

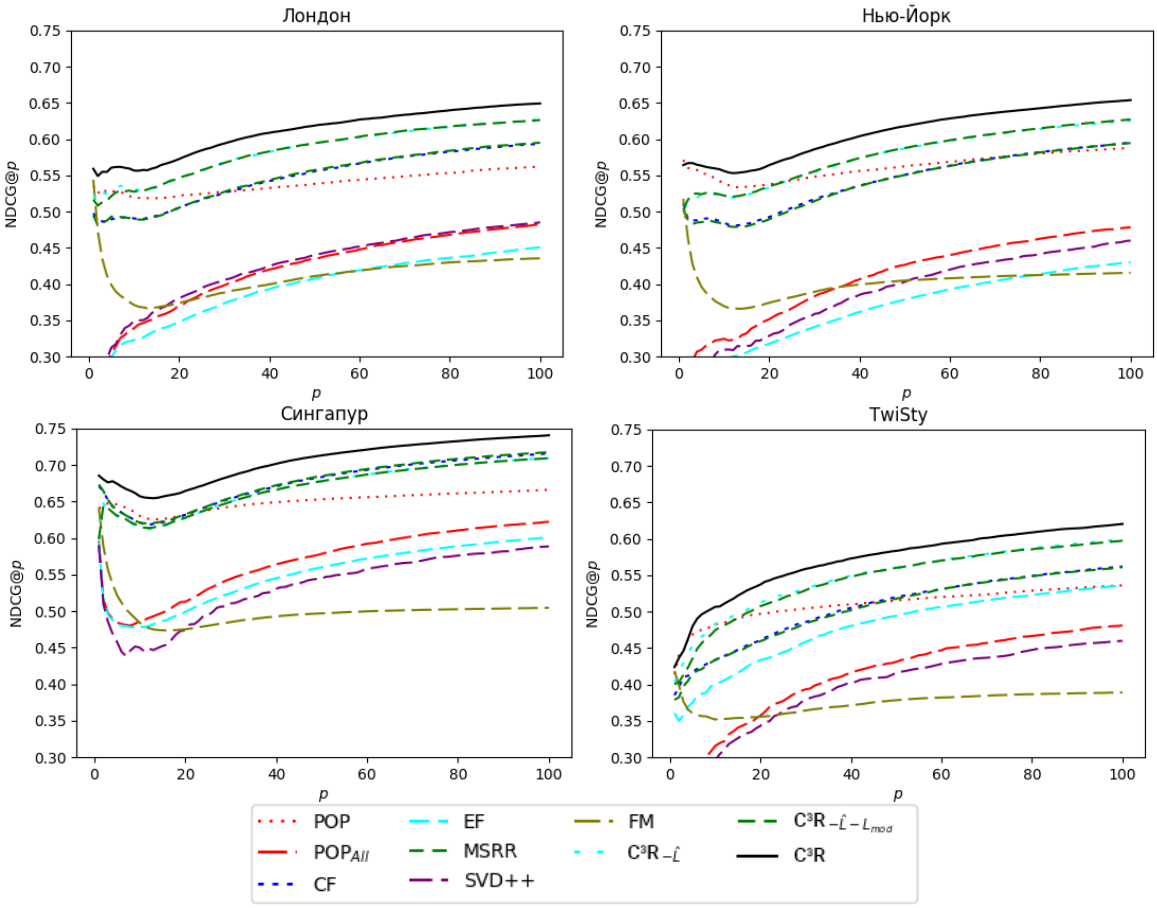


Рисунок. Эффективность рекомендации представленной системы в сравнение с другими алгоритмами

Результаты исследования могут быть использованы в различных приложениях, где требуется эффективное определение сообществ пользователей, а также решение задачи рекомендации. Так рекомендательные системы встречаются повсеместно:

– крупнейшие веб-сайты о кинематографе, такие как IMDb[4] и Кинопоиск[5], используют их, чтобы советовать пользователям новые фильмы для просмотра;
– социальные сети, такие как Instagram и Twitter, применяют их для рекомендации пользователям людей, которых они могут знать, или просто близких к ним по интересам;
– интернет магазины, такие как Яндекс Маркет[6] и Юла[7], с помощью рекомендательных систем советуют релевантные пользователю товары, основываясь на истории поиска;
– музыкальные сервисы, такие как Яндекс Музыка[8], Last FM[9] и Spotify[10], основываясь на музыкальных предпочтениях, способны посоветовать пользователю интересующую его музыку.

А поиск сообществ в свою очередь можно использовать в таких приложениях как:
– проведения таргетированных рекламных компаний;
– профилирование пользователей;
– для визуализации больших данных.

В данной работе произведено исследование влияния мультимодальных данных из различных источников социальных медиа для решения проблемы рекомендации. На основании экспериментов показано, что слияние нескольких источников данных в единую рекомендательную систему может значительно повысить производительность рекомендации категорий мест. Дальнейшая работа над задачей может включать в себя разработку подхода с частичным обучением, который сможет контролировать процесс обнаружения сообществ, используя знания об предметной области. Кроме этого, возможно дальнейшее увеличение числа источников данных и добавлением новых модальностей.

Литература

1. Mander J. Internet users have average of 5.54 social media accounts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.globalwebindex.net/blog/internetusers-have-average-of-5-social-media-accounts, своб.
2. Burke R. Integrating knowledge-based and collaborative-filtering recommender systems // Proceedings of the Workshop on AI and Electronic Commerce. – 1999. – P. 69–72.
3. Von Luxburg U. A tutorial on spectral clustering // Statistics and computing. – 2007. – V. 17. – № 4. – P. 395–416.
4. Farseev A., Liqiang N., Akbari M., Chua T.-S. Harvesting multiple sources for user profile learning: a big data study // Proceedings of the 5th ACM on International Conference on Multimedia Retrieval. – 2015. – P. 235–242.
5. Verhoeven B., Daelemans W., Plank B. TwiSty: a multilingual twitter stylometry corpus for gender and personality profiling // 10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016). – 2016. – P. 1632–1637.

[4] https://www.imdb.com
[5] https://www.kinopoisk.ru
[6] https://market.yandex.ru/
[7] https://youla.io/
[8] https://music.yandex.ru/
[9] https://www.last.fm/
[10] https://www.spotify.com



Сахариянова Айганым Мараткызы
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: s_aiganym93@mail.ru

УДК 681.777.8, УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО АВТОКОЛЛИМАЦИОННОГО СЕНСОРА С УВЕЛИЧЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕРЕНИЯ

Сахариянова А.М.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Коняхин И.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

Во время монтажа и эксплуатации крупногабаритных объектов или установок для научных исследований требуется метрологический контроль взаимного углового положения элементов их конструкции. Например, такие измерения обязательны при создании скоростных железнодорожных магистралей, радио- и телескопов, координатных стендов, ускорителей заряженных частиц. Для измерения угловых параметров эффективно применять оптико-электронные сенсоры, такие как автоколлимационные сенсоры (ОЭАС). Их преимуществами являются отсутствие электрической связи с контролируемым объектом, на котором располагается малогабаритный отражатель в виде плоского зеркала, а также данный прибор может измерить угловые параметры с погрешностью 0,005″. Такие сенсоры угловых деформаций, использующие автоколлимационный метод измерения, включают в себя контрольный элемент и оптико-электронный автоколлиматор (ОЭАК).

Целью работы является исследование и разработка ОЭАС с увеличенным диапазоном измерения. Серийные ОЭАК обеспечивают необходимую точность измерений, но имеют недостаточную во многих практических случаях рабочую дистанцию автоколлиматор-отражатель (до 10 м). Одной из причин является нарастающая с увеличением дистанции погрешность вследствие ограничения (виньетирования) отраженного светового пучка. Данный прибор должен работать на большой дистанции, однако для таких дистанций погрешность измерения будет значительно больше вследствие виньетирования рабочего пучка автоколлиматора. Таким образом необходимо:

1. исследовать явление виньетирования рабочего пучка и разработать алгоритм компенсации систематической ошибки вследствие виньетирования;
2. спроектировать автоколлиматор, в котором используется данный алгоритм компенсации.

Методы и методология. При теоретическом анализе действия зеркального отражателя, габаритных соотношений используются методы геометрической оптики, векторно-матричные методы расчета.

В экспериментальной области при исследовании соотношений между параметрами измерительной системы, анализе алгоритмов используются детерминированные, имитационные компьютерные и физические модели функциональных элементов автоколлиматора. Модели реализованы на основе компьютерной программы MATLAB и исследуются методом статистических испытаний. Также реализуется практическая проверка полученных соотношений посредством экспериментального исследования на физической модели – макете автоколлиматора.

Научная новизна работы:

- предложены структура и основные математические зависимости, позволяющие построить достоверную имитационную модель обработки изображения, которая позволяет изучать явление виньетирования и с достаточной для практической реализации точностью исследовать систематическую погрешность, возникающую вследствие виньетирования рабочего пучка ОЭАС;
- разработан алгоритм компенсации систематической погрешности, возникающей вследствие виньетирования на основе разработанной компьютерной аналитической модели, что позволит увеличить рабочий диапазон измерения ОЭАС.

Практическая значимость работы. Представленные в работе результаты позволяют реализовать увеличение рабочего диапазона измерения серийно-выпускаемых ОЭАС без изменения конструкции прибора.

Описание явления виньетирования: при повороте отражателя на угол θ вследствие смещения отраженного пучка в плоскости входного зрачка приемной системы симметричным точкам изображения марки будут соответствовать различные значения функции виньетирования. Вследствие этого происходит несимметричное перераспределение потока излучения в изображении марки (рис. 1), что приводит к смещению энергетической оси изображения марки относительно геометрической оси, определяемой как ось симметрии крайних точек изображения. Поскольку матричный приемник фиксирует смещения энергетического центра изображения, а измеряемый угол поворота контрольного элемента пропорционален смещению геометрического центра, явление виньетирования приводит к погрешности измерения [1].

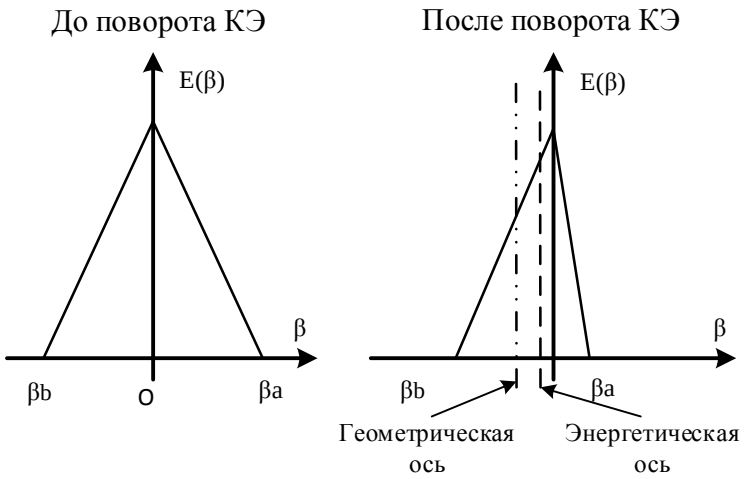


Рис. 1. Распределение облученности в изображении марки

Составляющая систематической погрешности вследствие виньетирования пучка может быть устранена при наличии аналитического описания изменения распределения облученности анализируемого изображения. Вследствие сложности аналитического описания процессов виньетирования предлагается использование аппроксимированной компьютерной модели. Моделирование основано на приближении, согласно которому каждая точка конечного изображение источника излучения по своей сути является сфокусированной областью пересечения входного зрачка и отраженного зеркалом элементарного пучка, и ее энергия оказывается пропорциональной интегралу (общей энергии) по этой области [2].

Как показано на рис. 2 аппроксимированная модель матричного анализатора строится в виде массива чувствительности пикселов A(128,128). Модель изображения на анализаторе строится в виде круга массив B(64,64) и значения элементов в центре массива равно 1. Остальные значения элементов массива уменьшаются до нуля к краю массива в соответствии с функцией $E(x, y) = (1-|x|)(1-|y|)$, где x, y изменяются от 0 до 1, причем 0 соответствует центру массива, а 1 – краю массива [3].

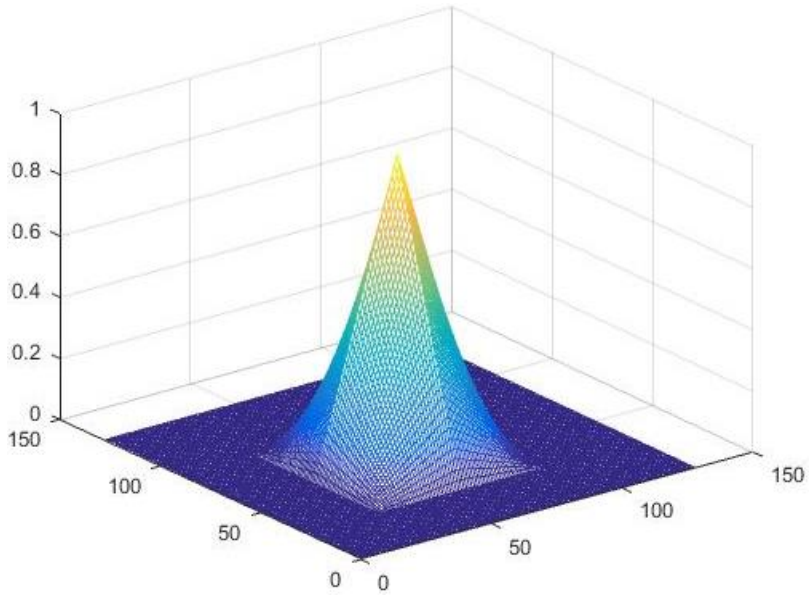


Рис. 2. Аппроксимированная компьютерная модель изображения

При сравнении аппроксимированной компьютерной модели с оригинальной было выявлено, что отклонение не превышает 0,1%, следовательно данная модель может использоваться в дальнейших исследованиях.

Для анализа виньетирования определялась статическая характеристика матричного анализатора при различных коэффициентах виньетирования изображения марки на основе данной аппроксимированной модели. Погрешность виньетирования составила 1,5 угл. мин. в диапазоне 4 угл. мин. Так как данная погрешность недопустимо большая, необходимо компенсировать ее.

Разработанный алгоритм компенсации включает следующие шаги.

1. Зная параметры оптической схемы ОЭАК определяется радиус изображения R_m из следующего выражения:

$$R_m = \frac{Df}{2L}, \qquad (1)$$

где D – диаметр объектива; f – фокусное расстояние объектива; L – расстояние от центра выходного зрачка объектива до отражателя (плоское зеркало).

2. После поворота зеркального отражателя измеряется величина x смещения энергетического центра изображения.
3. Вычисляется соотношение $l = \frac{x}{R_m}$ затем из выражений (2) или (3) определяется величина q относительной погрешности измерения l и находится абсолютная величина погрешности $Q=lR_m$.

$$q(l) = \frac{\exp\left(l/k\right)(l-k-1)+(k+1)}{\exp\left(l/k\right)-2\exp\left(1/k\right)+1} \text{ при } l \le 1, \quad (2)$$

$$q(l) = \frac{\exp\left(-l/k\right)\exp\left(2/k\right)(k+l-1)-(k+1)}{\exp\left(-l/k\right)\exp\left(2/k\right)-1} \text{ при } 1<l\le 2. \quad (3)$$

4. После вычисления уточненного значения смещения изображения $x'=x-Q$ по выражению $x = f\,\mathrm{tg}\left(K\theta\right)$ при K=1 находится значение измеряемого угла θ [4].

При использовании данного алгоритма компенсации систематической погрешности вследствие виньетирования, данная погрешность сводится к пренебрежимо малой величине, что увеличивает диапазон измерения ОЭАК в 1,2–1,5 раза.

Полученные теоретические результаты были подтверждены экспериментами на компьютерных моделях, а также на практически реализованном макете углоизмерительного автоколлиматора.

Проектная часть работы использована при создании углоизмерительной автоколлимационной системы с увеличенным диапазоном измерения, в рамках научно-исследовательской работы по созданию систем метрологического обеспечения строящегося Россией радиотелескопа миллиметрового диапазона РТ70.

В дальнейшем планируется исследовать предложенную модель на неосесимметричность, что потенциально определяет неодинаковую погрешность при повороте отражателя относительно разно-ориентированных осей.

Литература

1. Konyakhin I.A., Smekhov A. Design of autocollimation systems by modeling an illuminance distribution of a vignetted image // Proc. SPIE. – 2014. – V. 9131. – P. 91311L.
2. Liu Lei, Koniakhine I.A. Research on the methods to reduce the error in autocollimation angular measurements // Proc. The Third International Symposium on Instrumentation Science and Technology. – 2004. – P. 385–389.
3. Konyakhin I.A., Sakhariyanova A.M., Li R. Design the algorithm compensation of vignetting error at optical-electronic autoreflection system by modelling vignetted image // Proceedings of SPIE. – 2016. – V. 9889. – P. 988915.
4. Ли Ж., Сахариянова А.М. Исследование оптико-электронного автоколлиматора для измерения угловых деформаций крупногабаритных конструкций при наличии ограничения рабочего пучка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – № 9-10. – С. 14–20.



Семакова Антонина Александровна
Год рождения: 1992
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № В4238
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: antonina.semakova@gmail.com

УДК 628.9.038

СПОНТАННОЕ И СТИМУЛИРОВАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИЗ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ УЗКОЩЕЛЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ AIIIBV

Семакова А.А.
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Мынбаев К.Д.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615862 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия излучения с новыми функциональными, конструкционными и биологическими материалами».

Введение. Полупроводниковые светодиоды (СД) являются в настоящее время одними из основных элементов оптоэлектроники. Однако успехи в разработке и изготовлении СД для различных диапазонов спектра неравноценны. Следует отметить, что эффективность СД, излучающих в средней инфракрасной (ИК) области спектра (диапазон длин волн 3–5 мкм), остается недостаточно высокой. В тоже время, известно, что в средней ИК-области спектра лежат характеристические полосы поглощения многих химических соединений (CH_4, CO_2, NO_2, H_2S, CO и др.). Оптические ИК-датчики этих веществ на основе СД востребованы как для контроля состояния атмосферы, так и в промышленном производстве. В связи с этим, в настоящее время большое количество исследований направлено на поиски путей увеличения эффективности СД для средней ИК-области спектра.

Для увеличения эффективности СД необходимо понимать и контролировать процессы, происходящие в них при генерации или поглощении света. На сегодняшний день проведено большое количество работ по исследованию светодиодных гетероструктур для средней ИК-области спектра. Поскольку для решения большинства прикладных задач оптоэлектроники важно, чтобы светодиодные структуры работали при температурах вблизи комнатной, то большинство исследований ограничивалось диапазоном температур от 77 К до 300 К. В частности, в работе [1] представлены результаты электролюминесценции (ЭЛ) структур InGaAsSb/GaAlAsSb при высоких рабочих температурах СД, анализ результатов показал, что уменьшение мощности излучения с ростом температуры обусловлено увеличением скорости оже-рекомбинации. Однако, более подробную информацию о физических процессах, протекающих в структурах, можно получить путем проведения низкотемпературных измерений. Такие исследования требуют дополнительного оборудования, а также создания специальных условий для проведения измерений. На данный момент комплексного изучения низкотемпературной ЭЛ гетероструктур на основе соединений A_3B_5 не проводилось. В связи с этим отсутствует понимание физических ограничений на эффективность излучательной рекомбинации при низких температурах. Следовательно, исследование ЭЛ светодиодных гетероструктур для средней ИК-области спектра при низких

температурах представляет значительный научный и практический интерес. Также актуальной является задача поиска путей увеличения квантовой эффективности и мощности излучения СД, излучающих в средней ИК-области спектра.

Эксперимент. Задача работы заключалась в исследовании спектральных характеристик СД среднего ИК-диапазона на основе гетероструктур InAs/InAs/InGaAsSb и InAs/InAsSb/InAsSbP, синтезированных методом газофазной эпитаксии из металлорганических соединений, с целью поиска путей повышения их квантовой эффективности. В соответствии с поставленной задачей, было проведено исследование четырех типов гетероструктур, представленных в таблице, в диапазоне температур от 4,2 К до 300 К.

Таблица. Типы исследуемых структур

Тип структуры	Подложка	Активный слой	Барьерный слой
A	InAs, $n=10^{18}$ см$^{-3}$	InAs, $n=2\cdot10^{16}$ см$^{-3}$	$InGa_{0,15}As_{0,57}Sb_{0,28}$, $p=2\cdot10^{18}$см$^{-3}$
B	InAs, $n=2\cdot10^{18}$ см$^{-3}$	$InAs_{0,94}Sb_{0,06}$, $n=2\cdot10^{16}$см$^{-3}$	$InAs_{0,40}Sb_{0,20}P_{0,40}$, $p=2\cdot10^{18}$см$^{-3}$
C	InAs, $n=2\cdot10^{18}$ см$^{-3}$	$InAs_{0,93}Sb_{0,07}$, $n=2\cdot10^{16}$см$^{-3}$	$InAs_{0,70}Sb_{0,10}P_{0,20}$, $p=2\cdot10^{18}$см$^{-3}$
D	InAs, $n=2\cdot10^{18}$ см$^{-3}$	$InAs_{0,91}Sb_{0,09}$, $n=2\cdot10^{16}$см$^{-3}$	$InAs_{0,48}Sb_{0,18}P_{0,34}$, $p=2\cdot10^{18}$см$^{-3}$

На рис. 1 представлены спектры ЭЛ структуры типа *B*, записанные при температуре 4,2 К и различных токах накачки. Полуширина спектров излучения FWHM с увеличением тока накачки возрастала от 0,3 мэВ до 0,8 мэВ. Из рисунка видно, что на низкоэнергетическом краю спонтанного излучения при увеличении тока появляется узкая полоса стимулированного излучения.

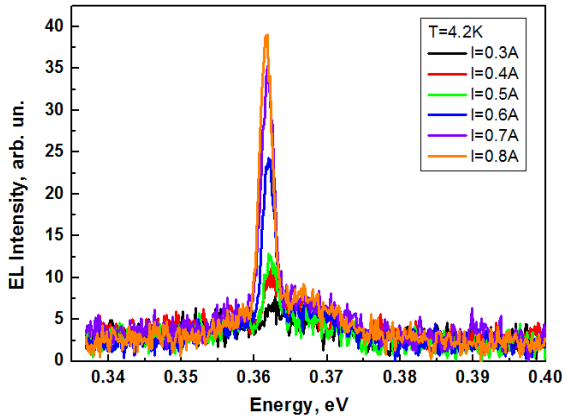


Рис. 1. Спектры ЭЛ структуры типа *B* при *T*=4,2 К

В целом результаты измерений показывают, что при низких температурах (от 4,2 до 50–100 К, в зависимости от типа гетероструктуры) в исследуемых СД наблюдалось стимулированное излучение. Полуширины узких линий стимулированного излучения, наблюдавшихся при *T*=4,2 К, составили единицы мэВ. С увеличением тока интегральная интенсивность сигнала ЭЛ возрастала линейно, а максимум пика для структуры типа *C* сдвигался в сторону высоких энергий, отражая заполнение зоны проводимости и подъем квазиуровня Ферми для электронов. У всех исследуемых структур с повышением температуры мы наблюдали преобразование спектра ЭЛ от вида, характерного для стимулированного излучения, к виду, типичному для спонтанного.

Для двух образцов структуры *C* при температурах, при которых еще наблюдалось вынужденное излучение, были измерены ампер-ваттные характеристики. При этом удалось получить ярко выраженную зависимость $J_{th}(T)$ в интервале температур 25–130 К. Зависимость $J_{th}(T)$ была экспоненциальной в диапазоне температур от 70 до 130 К.

$J_{th} \sim \exp(T/T_0)$,

где T_0 – характеристическая температура.

Согласно известным представлениям о температурной зависимости порогового тока полупроводникового лазера это свидетельствует о преобладании безызлучательной (оже-рекомбинации) [2]. Для диапазона температур 80–120 К характерная температура порогового тока составила 25±5 К. При температурах <70 К заметной зависимости $J_{th}(T)$ не наблюдалось, что может свидетельствовать о преобладании рекомбинации Шокли–Рида.

При T=77 К спектр стимулированного излучения структуры типа *C* имел четко выраженную модовую структуру. Было определено расстояние между отдельными модами в спектре ЭЛ, оно составило 6 нм. Это позволило, по методике, описанной в работе [3], оценить длину резонатора по формуле:

$$L = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda n},$$

где λ – длина волны излучения; $\Delta\lambda$ – межмодовое расстояние; n – показатель преломления.

Длина резонатора составила 280 мкм. Это значение гораздо ближе к толщине чипа (~300 мкм), чем к расстоянию между его сколами (380 мкм). Кроме того, было установлено, что при T=77 К, когда наблюдался эффект возникновения стимулированного излучения, сигнал ЭЛ, собираемый с поверхности чипа (подложки InAs), на несколько порядков превышал сигнал, который наблюдался при измерении со сколов. Отсюда был сделан вывод о том, что оптический резонатор формировался перпендикулярно слоям гетероструктуры, – вероятнее всего, между хорошо отшлифованной нижней гранью кристалла со сплошным золотым контактом и верхней гранью, которая была химически отполирована в процессе изготовления СД в соответствии с требованиями технологии «flip-chip».

Что касается энергии испущенных фотонов, то как было показано в работе [4], при низких температурах, когда пик ЭЛ был узким, энергия пиков линий ЭЛ (E_{EL}) для исследуемых структур с активной областью из InAsSb была ниже, чем расчетная ширина запрещенной зоны E_g. При более высоких температурах, когда спектр ЭЛ стал шире, значения E_{EL} были больше, чем значения расчетной E_g~18 мэВ. Однако, известно, что в узкозонных полупроводниках с большим уровнем легирования величина E_{EL} не может быть непосредственно связана с величиной E_g. Чтобы получить E_g из спектров ЭЛ, необходимо рассчитать спектр при данной температуре и заданной концентрации носителей, затем сопоставить его высокоэнергетическую часть с экспериментальным спектром. Для расчета спектров использовались выражения из работы [5]. На рис. 2 показаны определенные таким образом значения E_g, а также расчетные значения E_g в зависимости от температуры.

Для всех типов гетероструктур существует хорошее согласие между расчетным значением E_g и полученными из вышеописанного эксперимента. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что оптические переходы протекали в активном слое гетероструктур, а их химический состав был соответствующим образом подобран для согласования с необходимой полосой поглощения.

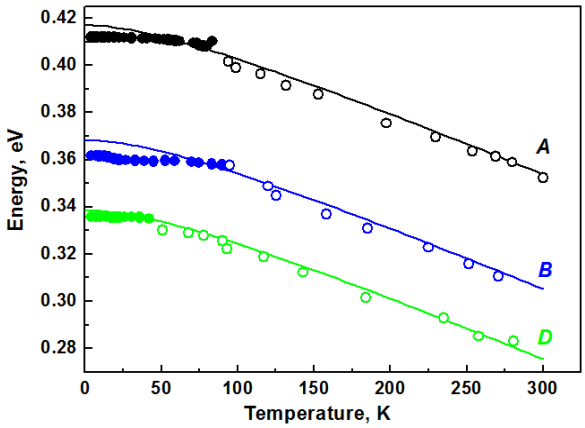


Рис. 2. Расчетные зависимости E_g активной области от температуры для типов структур *A*, *B* и *D*, E_{EL} стимулированного излучения (сплошные символы) и E_g, полученные из спектров спонтанного излучения (пустые символы)

Выводы. В работе были проанализированы свойства светодиодных гетероструктур InAs/InAs/InGaAsSb и InAs/InAs(Sb)/InAsSbP. При исследовании ЭЛ представленных гетероструктур при низких температурах (от 4,2 до 50–100 К, в зависимости от типа гетероструктуры) был обнаружен эффект возникновения стимулированного излучения. При повышении температуры излучение становилось спонтанным. Полученные в работе данные свидетельствуют о том, что даже при ограничении скорости рекомбинации безызлучательными процессами в изученных гетероструктурах оказывается возможным наблюдать стимулированное излучение при минимальных требованиях к резонатору. Полученные в работе результаты, во-первых, показывают, что проблема подавления оже-рекомбинации в исследованных структурах является основной на пути повышения эффективности СД, излучающих в средней ИК-области спектра, во-вторых, показывают перспективность изученных гетероструктур для создания вертикально-излучающих лазеров среднего ИК-диапазона.

Литература

1 Петухов А.А., Журтанов Б.Е., Молчанов С.С., Стоянов Н.Д., Яковлев Ю.П. Электролюминесцентные характеристики светодиодов среднего ИК-диапазона на основе гетероструктур InGaAsSb/GaAlAsSb при высоких рабочих температурах // ЖТФ. – 2011. – № 84. – Вып. 4. – С. 91–96.

2 Гельмонт Б.Л., Зегря Г.Г. Температурная зависимость пороговой плотности тока инжекционного гетеролазера // ФТП. – 1991. – № 25. – Вып. 11. – С. 2019–2023.

3 Гребенщикова Е.А., Зотова Н.В., Кижаев С.С., Молчанов С.С., Яковлев Ю.П. InAs/InAsSbP светоизлучающие структуры, выращенные методом газофазной эпитаксии // ЖТФ. – 2001. – № 71. – Вып. 9. – С. 58–60.

4 Мынбаев К.Д., Баженов Н.Л., Семакова А.А., Михайлова М.П., Стоянов Н.Д., Кижаев С.С., Молчанов С.С., Астахова А.П., Черняев А.В., Lipsanen H., Бугров В.Е. Электролюминесценция светодиодных гетероструктур InAs/InAs(Sb)/InAsSbP LED в диапазоне температур 4.2–300 К // ФТП. – 2017. – № 51. – Вып. 2. – С. 247–252.

5 Баженов Н.Л., Гельмонт Б.Л., Иванов-Омский В.И., Ижнин А.И., Смирнов В.А. Фотолюминесценция твердых растворов $Cd_{0.4}Hg_{0.6}Te$ // ФТП. – 1990. – № 24. – Вып. 1. – С. 93–97.



Синельник Артем Дмитриевич
Год рождения: 1995
Физико-технический факультет, кафедра нанофотоники и метаматериалов, группа № V4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: artem.sinelnik.95@mail.ru

УДК 535.421

СОЗДАНИЕ СУБМИКРОННЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ЛАЗЕРНОЙ 3D-ЛИТОГРАФИИ

Синельник А.Д.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. Самусев К.Б.

В настоящее время большой интерес проявляется к созданию и исследованию нано- и микроструктур. Эти исследования начались еще во второй половине XX века, с появлением первых интегральных микросхем. В XXI веке исследования и разработки нано- и микроструктур вошли в ряд приоритетных направлений развития науки и технологии. Среди различных технологических методик синтеза субмикронных структур выделяется трехмерная (3D) лазерная литография, известная в англоязычной литературе как «direct laser writing» или «two-photon fabrication» [1]. Эта технология позволяет создавать двухмерные и трехмерные диэлектрические объекты микронных и субмикронных размеров практически любой формы, а также сложные макроскопические структуры с субмикронным пространственным разрешением. Поэтому одним из важнейших приложений этой технологии является создание фотонных структур для видимого и инфракрасного диапазона.

Данная работа посвящена созданию фотонных структур методом 3D-лазерной литографии и исследованию оптической дифракции на полученных образцах [2–4]. В процессе выполнения были созданы образцы упорядоченных 3D-фотонных кристаллов типа «поленница», разупорядоченных 3D-фотонных структур на их основе с контролируемой степенью беспорядка, а также 2D-фотонные структуры различной симметрии. При изучении 2D-структур, образованных ограниченным числом рассеивающих свет элементов (не более 500), в картинах оптической дифракции были обнаружены сверхструктурные рефлексы. Число и расположение сверхструктурных рефлексов на экране можно определить невооруженным глазом. Было установлено, что по числу рефлексов однозначно можно установить число субмикронных рассеивателей, а по их расположению – симметрию и форму субмикронного образца. Ранее подобная сверхструктура в картинах оптической дифракции не наблюдалась.

Основные результаты

1. Освоена технология создания двумерных и трехмерных фотонных структур на установке 3D-лазерной литографии.
2. Методом лазерной литографии создан ряд двумерных фотонных структур с геометрическими параметрами, которые варьируются в широких пределах 300нм $\leq a \leq$ 1500 нм, $4 \leq N \leq 500$ (рис. 1, b–d), где a – параметр структуры; N – количество структурных элементов (рассеивателей). Роль рассеивателей выполняли как отдельные субмикронные частицы (размер от 100 до 300 нм) (рис. 1, b), так и пустоты в двумерной диэлектрической матрице (рис. 1, c, d).

Представленные на рис. 1, b, c структуры имеют квадратную симметрию C_{4v}, изображенная на рис. 1, c структура в литературе называется fishnet (сетка). Были созданы два типа фотонных структур с симметрией C_{6v}. Первая структура, представляющая собой правильный шестиугольник, была создана путем пересечения под углом 60° трех наборов параллельных прямых. Вторая структура с гексагональной симметрией – фотонный аналог графена (рис. 1, d). Эта наноструктура имеет кристаллическую решетку графена (структура типа пчелиные соты) и постоянную решетки $a = \sqrt{3}d$, где d – размер одной из граней элементарной ячейки, шестиугольника.

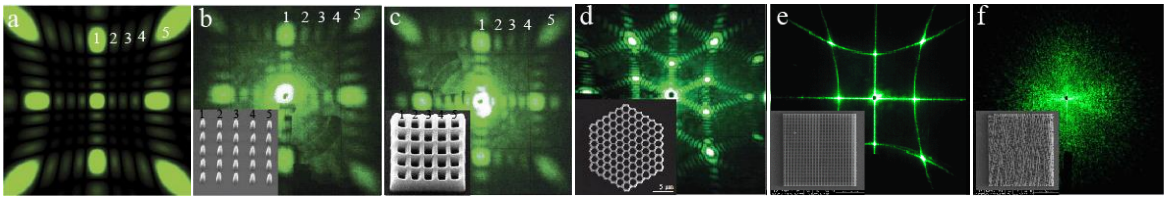


Рис. 1. Расчет дифракционной картины от квадратной структуры симметрии C_{4v} с числом рассеивателей 5×5 (a). Изображения созданных структур (метод сканирующей электронной микроскопии) и соответствующие картины дифракции: квадратная структура C_{4v} 5×5 (b); fishnet C_{4v} 5×5 (c); фотонный графен (d); упорядоченная поленница – трехмерная fcc структура (e), сильно разупорядоченная трехмерная поленница (f)

3. Методом лазерной литографии созданы трехмерные фотонные структуры типа «поленница». Эта структура характеризуется длиной бревна l, периодом a в плоскости XY, периодом b вдоль оси Z и количеством слоев N. При соотношении параметров $b = \sqrt{2}a$ поленница имеет гранецентрированную кубическую решетку fcc. Профиль сечения бревна, в общем, случае может быть любой геометрической формы. В нашем случае профиль сечение имеет вид эллипса, это связано с тем, что такую форму имеет область лазерного луча, в которой происходит полимеризация. Были созданы упорядоченные и неупорядоченные структуры (рис. 1, e, f). В неупорядоченной структуре каждое бревно располагалось под случайным углом в пределах своего слоя. Угол, под которым будет расположено бревно, выбирался случайным образом, мы задавали только диапазон, из которого мог быть выбран угол, также мы задавали тип распределения (равномерное распределение) и дисперсию в случае нормального распределения углов.
4. На созданных структурах теоретически и экспериментально изучалась оптическая дифракция (рис. 1, 2). Расчеты дифракции Лауэ на двумерных структурах проводились в борновском приближении, которое справедливо для низкоконтрастных объектов, которыми являются наши образцы. Для примера результат расчета для квадратной структуры симметрии C4v с числом рассеивателей 5×5 представлен на рис. 1, a. Картины дифракции исследовались в монохроматическом свете лазера с длиной волны λ=530 нм. Фотографирование проводилось с экрана, установленного за образцом, установка изображена на рис. 2 (наша фотография, перепечатанная в журнале National Geographic). Для образцов с малым количеством рассеивателей в картинах дифракции (как расчетных, так и экспериментальных) четко наблюдается сверхструктура. Было установлено, что количество дифракционных рефлексов в точности соответствует количеству рассеивателей в структуре – как это видно для квадратного образца с числом рассеивателей 5×5 – рис. 1, a-c. Также было установлено, что картины дифракции имеют такую же симметрию, как и структура от которой эта картина дифракции

была получена – квадратную для квадратных структур и гексагональную для гексагональных (рис. 1, d). Кроме того, экспериментально было продемонстрировано, что картины дифракции от прямой (рис. 1, b) и инвертированной структуры, в которой рассеивателями являются пустоты (рис. 1, c), полностью совпадают.



Рис. 2. Вид страницы 36 из январского выпуска журнала National Geographic (2017)

5. Была исследована эволюция картин дифракции в зависимости от степени беспорядка в неупорядоченных фотонных структурах типа «поленница». В случае упорядоченных образцов поленницы дифракция от лазерного луча на экране имеет характерный вид дифракции Лауэ: на экране видны прямые и дуги. Сверхструктура при этом не наблюдается из-за большого числа рассеивателей: отдельные рефлексы сверхструктуры сливаются, образуя непрерывные кривые (рис. 1, e). В неупорядоченных образцах с увеличением степени беспорядка наблюдается размытие прямых и дуг и, в конце концов, переход к дифракционной картине типа «спекл», образованной отдельными хаотически расположенными дифракционными рефлексами (рис. 1, f).

Заключение. В ходе работы было синтезировано большое количество различных двумерных и трехмерных фотонных структур методом 3D-лазерной литографии. Экспериментально исследована оптическая дифракция на созданных регулярных структурах и дифракция типа «спекл» на структурах с беспорядком. На картинах дифракции от двумерных фотонных структур с ограниченным числом рассеивателей впервые обнаружена сверхструктура, которая позволила невооруженным глазом определять число и расположение частиц размером ~100 нм. Полученные экспериментальные результаты были интерпретированы в рамках теории дифракции в первом борновском приближении. В теоретических расчетах были получены выражения для структурных факторов решеток различной симметрии и было показано, что количество рефлексов совпадает с количеством рассеивателей. Расчетные и экспериментальные результаты прекрасно совпадают (рис. 1, a, b, c).

Основные результаты работы были опубликованы в двух статьях [2, 3] и доложены на 5 международных конференциях: II Международная конференция «Наука будущего» (2016, Казань); METANANO-2016 (Анапа); PIERS- (2017, St Petersburg); Days of Diffraction – (2016, 2017, St Petersburg) и Международной зимней школе по физике полупроводников (2016) [4]. Эти результаты вызвали большой интерес в научном сообществе. Сообщения об обнаруженных эффектах были напечатаны в разных изданиях – от National Geographic [5] до иранской газеты Tehran Times [6] и были опубликованы на многих научных Интернет-порталах.

Литература

1. Farsari M., Chichkov B.N. Materials processing: Two-photon fabrication // Nature Photonics. – 2009. – V. 3. – № 8. – P. 450.
2. Синельник А.Д., Самусев К.Б., Лукашенко С.Ю., Кившарь Ю.С., Лимонов М.Ф., Рыбин М.В. Рассеяние света на диэлектрических метаповерхностях // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2017. – Т. 105. – № 6. – С. 335–339.
3. Sinelnik A.D., Rybin M.V., Lukashenko S.Y., Limonov M.F., Samusev K.B. Optical properties of honeycomb photonic structures // Phys. Rev. A. – 2017. – V. 95. – P. 003800.
4. Синельник А.Д. Двумерные фотонные структуры: создание методом лазерной литографии и оптические исследования // Международная зимняя школа по физике полупроводников. – 2016.
5. Цыбина К. В микромир без микроскопа // National Geographic (Россия). – 2017. – № 1 – С. 36.
6. Scientists count microscopic particles without microscope // Tehran Times. – 2016. – V. 15. – P. 8.



Тертычная Ксения Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента,
группа № U4247
Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика
e-mail: ter1994ksu@yandex.ru

УДК 338.24.01

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА НА НАУКОЕМКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тертычная К.В.
Научный руководитель – д.э.н., доцент Цуканова О.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610749 «Проектирование и экономическое обоснование оптических систем для фундаментальных и прикладных исследований».

В современных кризисных условиях почти все сферы деятельности экономики в России в какой-то мере связаны с определенной долей риска. Причинами этого могут являться жесткая конкуренция, санкции, колебание валютных курсов, а также много других отрицательных экономических факторов. Особенно эта проблема актуальна сегодня. Поэтому умение управлять рисками на

российских предприятиях считается одним из главных конкурентных преимуществ вне зависимости от формы собственности, и организационно-правовой формы организации.

Под риск-менеджментом понимается процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь, которые вызваны его реализацией [1].

В настоящий момент в мировой экономике возрастает значимость новых наукоемких организаций, сферы информации и услуг. В ходе исследования понятия наукоемкого предприятия, автором предложено следующее определение: наукоемкое предприятие – организация, выпускающая продукцию, выполняющая наукоемкие работы и оказывающая высокотехнологичные услуги с применением последних передовых достижений науки и техники с высокими затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

В настоящее время в России управление рисками на наукоемких предприятиях широко не используется. Одной из причин слабого развития экономики России является невостребованность отечественных результатов научно-технических разработок со стороны реального сектора экономики.

В современной России оптика и оптическая техника поддерживаются недостаточно. Несмотря на активную пропаганду успешной деятельности частного бизнеса и приватизации промышленности страны, фактической работы по направлению частного сектора экономики на поддержание науки в России не наблюдается. Частному сектору невыгодно расходовать средства на технические новинки, недостаточный уровень финансирования науки вызывает негативные последствия.

В табл. 1 приведены оценки экспертов для выявленных рисков. Для вероятности возникновения риска используются градации: 1 – незначительная вероятность возникновения события; 2 – малая вероятность возникновения события; 3 – средняя вероятность возникновения события; 4 – высокая вероятность возникновения события; 5 – исключительно высокая вероятность возникновения события.

Чтобы оценить степень тяжести последствий в случае возникновения рискового события предложены следующие градации: 1 – минимальные последствия; 2 – низкие последствия; 3 – средняя тяжесть последствий; 4 – высокая тяжесть последствий; 5 – катастрофические потери. Для оценки рисков создания и коммерциализации оптической продукции (на примере светодиодной продукции) в России в качестве экспертов были опрошены ведущие специалисты в сфере оптики.

Таблица 1. Оценка рисков, присущих созданию и коммерциализации оптической продукции (на примере светодиодной продукции) в России

Номер №	Риск	Вероятность возникновения риска	Степень тяжести последствий в случае возникновения рискового события
1	Риск прекращения поставок из-за рубежа материалов и комплектующих, требуемых в обязательном порядке для создания светодиодной продукции	2	2

Номер №	Риск	Вероятность возникновения риска	Степень тяжести последствий в случае возникновения рискового события
2	Риск уменьшения спроса на светодиодную продукцию отечественного производства в России	2	5
3	Риск вытеснения некоторых видов оптической продукции с рынка товарами-заменителями	2	1
4	Риск предпочтения потребителями оптической светодиодной продукции зарубежного производства	4	4
5	Риск недостаточного уровня кадрового обеспечения создания и продвижения на рынок оптической светодиодной продукции	4	4
6	Риск недостаточного инвестирования новых проектов	4	3
7	Риск несоответствия прибора существующим технологиям	2	4

Для определения допустимости рисков и оценки степени их воздействия на продуцента построена матрица рисков (табл. 2).

Таблица 2. Матрица рисков создания и коммерциализации оптической продукции (на примере светодиодной продукции) в России

Степень тяжести последствий в случае возникновения рискового события						
5	5	10 (№2)	15	20	25	
4	4	8 (№7)	12	16 (№4,5)	20	
3	3	6	9	12 (№ 6)	15	
2	2	4 (№1)	6	8	10	
1	1	2 (№3)	3	4	5	
	1	2	3	4	5	Вероятность возникновения риска

На построенной матрице рисков находятся три зоны.

1. Зона светлого цвета (низкая тяжесть последствий вследствие возникновения рисковой ситуации и низкая вероятность возникновения рисков): область доступного для предприятия риска. В данной области находятся риски с номерами 1 и 3. Эти риски наукоемкое предприятие может контролировать самостоятельно и, при постоянном мониторинге, степень тяжести последствий оценивается как незначительная. Минимизировать риск прекращения поставок из-за рубежа материалов и комплектующих, требуемых в обязательном порядке для создания светодиодной продукции, следует посредством

реализации политики импортозамещения. Риск вытеснения видов оптической продукции с рынка товарами-заменителями можно снизить, поддерживая высокую конкурентоспособность создаваемой продукции.

2. Зона серого цвета: в этой области находятся риски, которые должны быть уменьшены до приемлемого уровня, либо переданы третьим лицам. В данную область вошли риски с номером 2 и 7. Приведенные риски согласно экспертной оценке оказались выше установленной нормы, соответственно они требуют активного контроля со стороны продуцента наукоемкой продукции. В качестве рекомендации по снижению последствий от риска уменьшения спроса на светодиодную продукцию отечественного производства в России можно рассмотреть возможность создания специальной технологической платформы, которая способствует решению проблемы экспорта с помощью партнерства и объединения усилий и поддержки со стороны государства и бизнеса.
3. Зона темно-серого цвета (высокая тяжесть последствий вследствие возникновения рисковой ситуации и высокая вероятность возникновения рисков): риски в данной области могут привести к катастрофическими для продуцента наукоемкой продукции последствиям. Риски с номерами 4–6 вошли в эту зону. Для минимизации негативных последствий влияния данного вида рисков предприятию и разработчикам следует диверсифицировать портфель создаваемой наукоемкой продукции, расширить перечень возможных инвесторов и рассмотреть разные альтернативные источники финансирования.

Для устранения риска выбора оптической продукции зарубежного производства требуется обязательная поддержка и заинтересованность со стороны государства. При разумной кооперации российских научных центров в оптической области и государства, слияния усилий, партнерства с иностранными разработчиками возможно ослабление этой угрозы [2].

Возможное решение проблемы нехватки кадров и высококвалифицированных специалистов в оптике может заключаться в подъеме престижа научных направлений в области оптических разработок, в том числе с помощью государственных программ поддержки молодых специалистов.

Предлагаются мероприятия по эффективному управлению рисками, которые позволили бы минимизировать негативные последствия возникновения рисковых ситуаций:

1. использование возможностей, предоставляемых специализированными государственными программами, нацеленными на финансирование со стороны государства и частного бизнеса проектов, реализуемых на наукоемких предприятиях;
2. для анализа и оценки рисков привлекать как специалистов по техническим вопросам разработки наукоемкой продукции, так и специалистов в области исследования современных рыночных тенденций, экономистов и маркетологов;
3. реализовывать мероприятия по управлению рисками во всех подразделениях наукоемкого предприятия и доводить их важность до каждого сотрудника [3, 4].

В работе разработана система управления рисками, которую целесообразно применять на российских наукоемких предприятиях. В целом система по управлению рисками на наукоемких предприятиях включает в себя 5 блоков (рисунок).



Рисунок. Система управления наукоемкими рисками (составлено автором)

Литература

1. Марцынковский Д.А. Обзор основных аспектов риск – менеджмента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/finanalysis/risk/main_meths.shtml, своб.
2. Технологическая платформа «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://innovation.gov.ru/sites/default/files/documents/2016/5913/1614.pdf, своб.

3. Питерская В.М. Об оценке рисков инновационной деятельности проектно-ориентированных организаций // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 2(1045). – С. 37–42.
4. Цуканова О.А. Анализ и оценка рисков при коммерциализации инновационной научно-технической продукции // Журнал правовых и экономических исследований. – 2016. – № 4. – С. 202–205.



Тибеев Марат Рафисович
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: epistafii@gmail.com

УДК 628.9

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТОРЦЕВОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ПОДСВЕТКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ДИСПЛЕЯ

Тибеев М.Р.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Романова Г.Э.

Введение. В настоящее время технологии жидкокристаллических (ЖК) дисплеев развиваются очень стремительно. Данные дисплеи завоевали свою популярность за высокую однородность, яркость, маленький вес, низкое энергопотребление. В настоящее время широко используются в мониторах ноутбуков, телевизоров, компьютеров, а также в различных портативных информационных устройствах, например в мобильных телефонах, планшетах, электронных книгах и т.д. [1–5].

В данной работе исследуется подсветка ЖК-дисплея, осветительный блок которого имеет источник света в торце дисплея и его излучение направляется в световод, представляющий собой полимерный лист особой формы и структуры. Свет от источника попадает в световод и покидает его только после нарушения эффекта полного внутреннего отражения.

Преимущества данной схемы освещения дисплея состоит в достижении малой толщины дисплея в сборе, однако у такого подхода есть ряд недостатков – сложность обеспечения равномерности, которая зависит от типа светодиода, его линзы, а также совокупности отражающих и рассеивающих элементов. Также к недостаткам можно отнести невозможность динамического зонного освещения дисплея в силу конструктивных особенностей

Целью работы является разработка оптической системы торцевой подсветки дисплея со следующими характеристиками:

1. размеры освещаемой области, не менее – 20×30 мм;
2. габариты оптической части устройства, не более (Д×Ш×В):
   – 27×35×8 мм;
3. используемый светодиод – типа «Side View LED», минимальная сила света 600 мкд при 20 мА, угол излучения $2w1/2=110°$;
4. минимальная освещенность на области 15×25 мм – 80 лк;
5. максимальная неравномерность($\Delta E/E_{ср}$), в т.ч.:
   – в центральной зоне – 0,8,
   – в крайних зонах – 1,2.

Достижение равномерной засветки дисплея при торцевом расположении источника возможно обеспечить различными методами. Для формирования картины освещенности сложной, отличной от КСС источника света, формы, как правило, используют оптические элементы с несколькими отражающими и преломляющими поверхностями. Такие оптические элементы демонстрируют хорошие результаты до определенного предела. Для вывода света из малоосвещенных, труднодоступных областей применяются специальные оптические элементы, основанные на принципе нарушения условий закона полного внутреннего отражения (ПВО).

Во многих современных системах подсветки используется целый ряд конструктивных решений: призматические пленки особой структуры, клиновидная форма световодов, диффузно-рассеивающие материалы и растровые системы. В работе рассматриваются различные конфигурации систем торцевой подсветки с использованием:

– клиновидного световода (рис. 1);

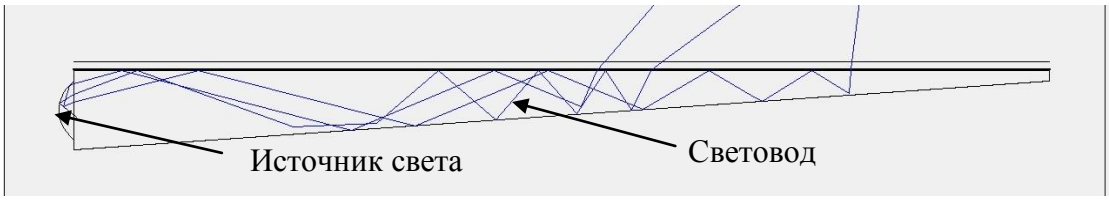


Рис. 1. Простейшая система подсветки с клиновидным световодом

– модифицированного V-образного клиновидного световода (рис. 2);

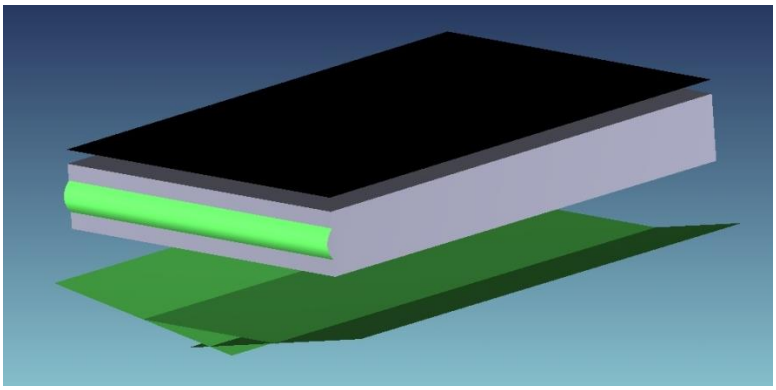


Рис. 2. 3D-модель модифицированного V-образного отражателя

– клиновидного световода со специальной отражающей микроструктурой (рис. 3);

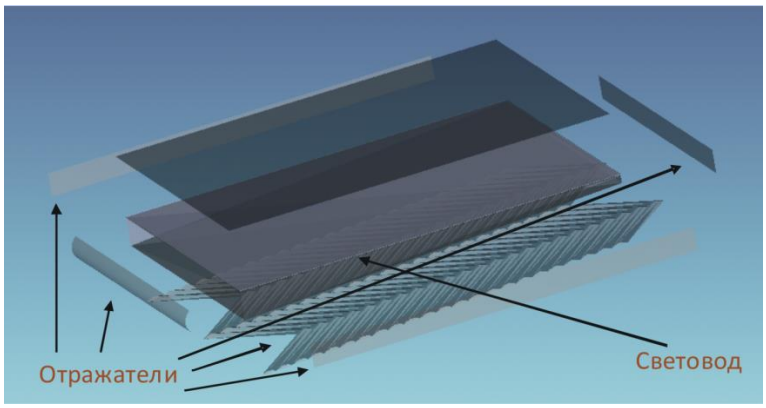
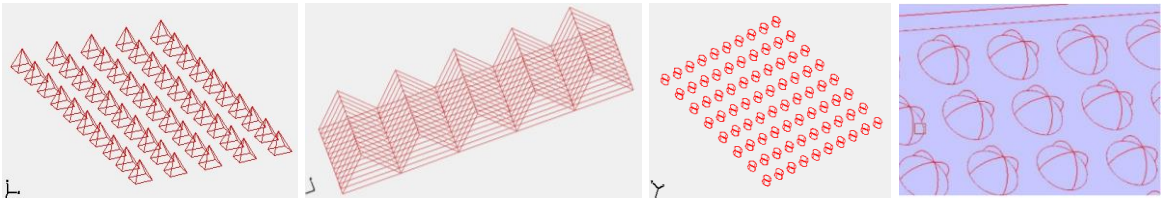


Рис. 3. 3D-модель системы подсветки дисплея с использованием структурированного отражателя

– специального диффузного слоя с использованием микроструктур различной формы (рис. 4);
– специального диффузного слоя с использованием микроструктур различного масштаба (рис. 4).



а б в г

Рис. 4. Различные виды используемых микроструктур: пирамидальной (а); призматической (б); цилиндрической (в); сферической (г)

Методика и результаты. Расчет и анализ системы подсветки выполняется в несколько этапов: на первом этапе выполняется расчет основного световодного (клиновидного) элемента, на следующих анализируется изменение достигаемой равномерности освещения при использовании диффузных микроструктур разных форм и размеров, а также растрового отражателя. Далее определяются параметры оптимизации, которая выполняется небольшими шагами в целях контроля качества оптимизации. Для оценки качества систем и количественного анализа используются критерии эффективности, средней освещенности и неравномерности освещения. Последний критерий представляет собой разницу максимального E_{max} и минимального E_{min} значения освещенности, отнесенную к средней величине $E_{ср}$ (таблица).

Таблица. Сравнительнаяя таблица рассчитаных моделей по центральной области

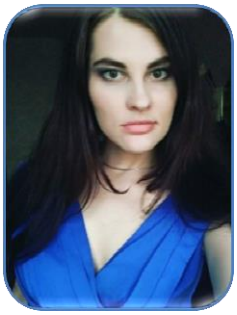
№	Тип системы	$K_{эф}$, %	$E_{ср}$, Лк	E_{max}, Лк	E_{min}, Лк	Неравномер-ность
1	Контрольная система	37	485,5	554,7	383,2	0,2309
2	Структурированный отражатель и диффузный слой	46,4	481,7	854,2	299,8	1,1039
3	Структурированный отражатель с доп. рассеиванием и зонный диффузный слой пирамидальными элементами (растры пятиугольного сечения)	45,9	491	732,1	359	0,5372
4	Модель V-образный отражатель с доп.рассеиванием, диффузный слой и освещение через рефлектор	25,9	371,5	403,7	292,5	0,2167
5	Модель V-образный отражатель с доп. рассеиванием, зонный диффузный слой	24,1	296,5	319,4	233,6	0,1396

В результате проделанной работы были рассмотрены и проанализированы различные методы обеспечения равномерной подсветки малогабаритного дисплея. В результате компьютерного моделирования подтверждена эффективность применения различных микроструктур в системах подсветки дисплея. В частности применение отражающих микроструктур оправдано в тех случаях, где на первый план выходят энергоэффективность и малая толщина. Системы же с модифицированным V-образным отражателем позволяют добиться значительно большей равномерности.

Полученные системы обладают достаточной равномерностью (N<1), а также энергоэффективностью ($K_{эф}$>20%). Рассмотрена возможность изготовления предложенных в работе решений. Современные микроэлектромеханические технологии позволяют производить микроструктуры на порядки меньше используемых в работе. Результаты работы могут быть использованы при проектировании систем подсветки как для алфавитно-цифровых дисплеев, так и для дисплеев графического типа.

Литература

1. Sohee P. and Yongjin Sh. Light guide plate with curved V-groove patterns in edge-lit backlight // Optical Engineering. – 2016. – V. 55(1). – P. 015103.
2. Романова Г.Э. Неизображающая оптика. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 72 с.
3. Баяковский Ю.М., Галактионов В.А. О некоторых фундаментальных проблемах компьютерной (машинной) графики // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2004. – № 4. – С. 3–24.
4. Jee-Gong Chang, Chien-Wei Liu, Wang-Long Li, Jian-Ming Lu, Yu-Bin Fang. Fabrication and optical design of a pyramid microstructure for the base of a light guide used in backlight module // J. Micro/Nanolith. MEMS and MOEMS. – 2010. – V. 9(4). – P. 043006.
5. Волобой А.Г., Галактионов В.А., Жданов А.Д., Жданов Д.Д. Средства визуализации распространения световых лучей в задачах проектирования оптических систем // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2009. – № 4. – С. 28–39.



Фролова Марина Алексеевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № В4200
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: marrain6@yandex.ru

УДК 535.417

ПОИСК ПУТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГОЛОГРАММ-ПРОЕКТОРОВ ФРЕНЕЛЯ

Фролова М.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Корешев С.Н.

Одной из важнейших характеристик фотолитографического оборудования является глубина резкости. Традиционный путь уменьшения норм проектирования изготавливаемых изделий, основанный на уменьшении рабочей длины волны и увеличении апертур проекционных оптических систем, приводит к существенному уменьшению глубины резкости изображения, формируемого на поверхности, а также обуславливает усложнение и удорожание современного фотолитографического

оборудования [1]. Вместе с тем, синтез голограмм-проекторов, осуществляемый, как известно, в виртуальном пространстве, позволяет производить, манипуляции с формой представления объекта, которые трудноосуществимы в реальном физическом пространстве.

Таким образом, **цель работы** состояла в поиске путей увеличения глубины резкости изображений, формируемых с помощью синтезированных голограмм-проекторов Френеля.

Базовые положения исследования. В традиционной оптике глубина резкости определяется следующим выражением [2]:

$$|b| = \pm \frac{\lambda n}{2A^2}. \qquad (1)$$

Числовую апертуру излучения, дифрагировавшего на минимальном по размеру элементе структуры объекта, можно описать при помощи следующего выражения [3]:

$$A = n \sin \alpha = \frac{\lambda}{a_t}, \qquad (2)$$

где α – апертурный угол излучения; a_t – минимальный размер элемента структуры объекта, на практике a_t соответствует размеру одного пикселя.

Основные результаты. Реализация фотолитографического процесса за счет использования синтезированных голограмм-проекторов Френеля позволила сделать предположение, что можно увеличить глубину резкости за счет использования необычных по своей структуре фотошаблонов. Например, с использованием такой формы описания объекта, при которой объектная волна представлялась в виде суперпозиции нескольких объектных волн, формируемых одним и тем же фотошаблоном. При этом фотошаблоны располагались на различных расстояниях от плоскости синтеза голограммы.

Все эксперименты, описанные в настоящей работе, выполнялись при помощи специализированного комплекса синтеза и восстановления голограмм-проекторов [3] при следующих, если это не оговорено особо, параметрах синтеза и восстановления голограмм. Рабочая длина волны составляла λ=13,5 нм; угол падения параллельного опорного пучка α=14,7°, расстояние между плоскостью объекта и плоскостью регистрации голограмм R_h=20,4 мкм. Размер голограмм составлял 435×435 пикселей, при размере каждого 20×20 нм^2; в то же время размер пикселей в плоскости объекта, в соответствии с работой [4], был выбран равным 80×80 нм^2.

В качестве тест-объекта в данном случае было выбрано светлое перекрестие на темном фоне (рис. 1). Отметим, что глубина резкости, рассчитанная для таких параметров, была равна ±237 нм.

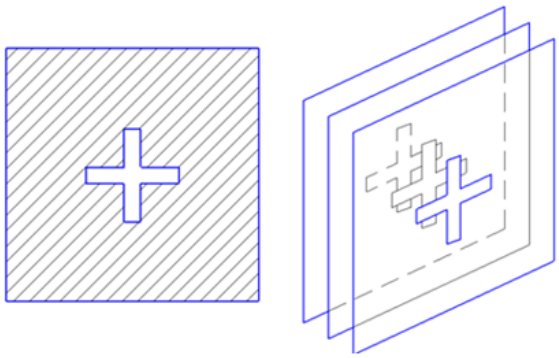


Рис. 1. Двумерный объект и его представление в виде трех параллельных плоскостей

Полученные результаты исследования иллюстрирует рис. 2, на котором приведены графики, демонстрирующие зависимость глубины резкости восстановленного изображения от расстояния между объектами, принятого при расчете комплексной амплитуды объектной волны в процессе синтеза голограммы. На этом рисунке график 1 соответствует традиционному случаю одного объекта, график 2 – двум объектам, расположенным на расстоянии 100 нм друг от друга, график 3 – двум объектам, расположенным на расстоянии 200 нм. По оси ординат на рисунке отложено допустимое число уровней пороговой обработки изображения, имитирующее влияние фоторезиста на восстановленное изображение. Структура восстановленного изображения при этом полностью соответствует структуре исходного объекта, нормированного по максимальному числу уровней, которое достигается при данных параметрах синтеза и восстановления голограммы [3]. Представленные графики свидетельствуют о достижении примерно полуторного увеличения глубины резкости изображения, восстанавливаемого с помощью синтезированной голограммы-проектора.

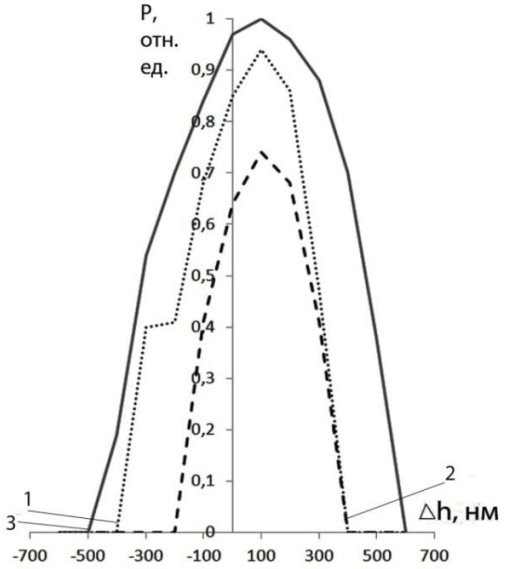


Рис. 2. График зависимости качества изображения *P* от дефокусировки Δ*h* при восстановлении голограмм при различных расстояниях Δ между объектами в процессе синтеза голограммы. 1 – один объект; 2 – два объекта (Δ=100 нм); 3 – два объекта (Δ=200 нм)

Влияние дискретной структуры синтезированной голограммы на глубину резкости восстанавливаемого с ее помощью изображения было исследовано при помощи эксперимента, в рамках которого были синтезированы и восстановлены голограммы нескольких объектов, представляющих собой прозрачные отрезки различной ширины на непрозрачной плоскости, внешний вид которых представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид объектов

Самый тонкий из представленных пяти отрезков имел размер 1×5 пикселей, самый широкий – 5×25. Таким образом, ширина каждого из отрезков превышала ширину предыдущего на 1 пиксель, а длина всегда была в 5 раз больше ширины.

Результаты, приведенные на рис. 4, построены аналогично рис. 2.

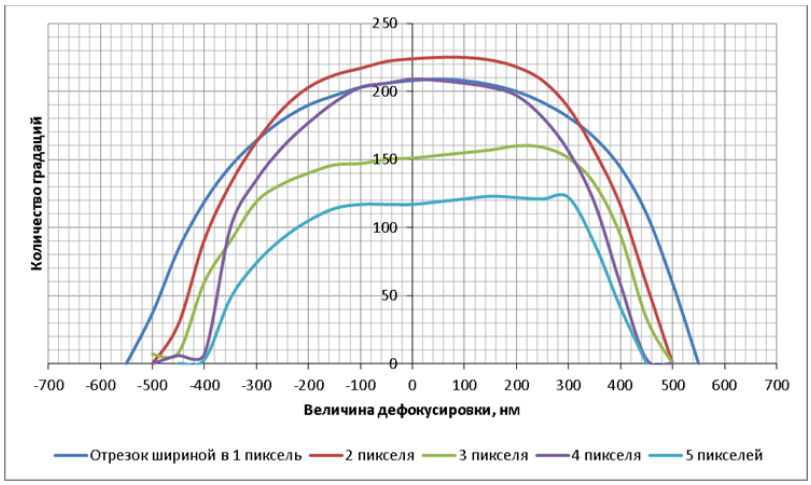


Рис. 4. График зависимости качества изображения от дефокусировки при восстановлении объектов разной толщины

Полученные данные говорят о том, что при выбранных параметрах дискретизации зависимость глубины резкости восстановленного изображения от периода дискретизации объекта a_t при указанных выше параметрах синтеза и восстановления на практике заметна слабо. Более того, по мере увеличения толщины отрезка наблюдается постепенное снижение допустимой величины дефокусировки. Этот вывод также подтверждают данные, представленные в табл. 1, где приведены значения величин глубины резкости для отрезков разной ширины, определенные в соответствии с формулой (1) и полученные экспериментально.

Таблица 1. Значения глубины резкости восстановленных изображений

Ширина отрезков (нм/пиксели)	Глубина резкости, расчетная (нм)	Глубина резкости, определенная экспериментально (нм)
80/1	±237	±550
160/2	±950	±525
240/3	±2133	±500
320/4	±3792	±475
400/5	±5925	±400

Связано это с тем, что характеристики изображения, восстанавливаемого с помощью синтезированной голограммы, определяются не только периодом дискретизации голограммы и другими параметрами синтеза, но и периодом дискретизации самого объекта.

Для устранения указанных нарушений в работе [5] предложено использовать при синтезе голограмм период дискретизации объекта в 4 раза меньший, по сравнению с периодом, определенным исходя из пространственно-частотного анализа дискретной голограммы. С целью проверки сформулированной выше гипотезы было проведено исследование влияния периода дискретизации объекта, т.е. размера его пикселя, на глубину резкости синтезированных голограмм. При указанных выше

параметрах синтеза была синтезирована голограмма объекта, представленного на рис. 1, при размере пикселя объекта 20×20 нм, т.е. в 4 раза меньшем размере пикселя, по сравнению с тем размером, который был определен исходя из пространственно-частотного анализа дискретной голограммы. Результаты эксперимента приведены в табл. 2. Хорошо заметно, что по мере уменьшения величины периода дискретизации объекта, глубина резкости восстановленного изображения, а также характер ее зависимости от размера элементов объекта постепенно приближаются к характерным для традиционных оптических систем величинам.

Таблица 2. Значения глубины резкости изображений

Ширина отрезков (нм/пиксели)	Глубина резкости, расчетная (нм)	Глубина резкости, определенная экспериментально (нм)
80/1	±237	±550
160/2	±950	±1000
240/3	±2133	не менее ±1600

Проиллюстрировать обнаруженные выводы можно и при помощи рисунка. На рис. 5 приведены подвергнутые пороговой обработке изображения отрезков шириной в 3 пикселя, восстановленные при различных величинах дефокусировки с помощью голограмм, синтезированных при периодах дискретизации объекта, равных 80 нм (рис. 5, а) и 20 нм (рис. 5, б). В качестве эталона на рис. 5, в приведено изображение аналогичного отрезка, восстановленное при нулевой дефокусировке.



а б в

Рис. 5. Изображения отрезков, шириной в 3 пикселя, восстановленные с помощью голограмм, синтезированных при периодах дискретизации объекта, равных: 80 нм, величина дефокусировки 700 нм (а); 20 нм, величина дефокусировки 1600 нм (б); 20 нм, величина дефокусировки 0 нм (в)

Исходя из рис. 5, для изображения, восстановленного с помощью голограммы, синтезированной при периоде дискретизации объекта, равном 80 нм практически невозможно подобрать подходящий уровень пороговой обработки даже при величине дефокусировки 700 нм. В то же время, если при синтезе голограмм считать период дискретизации равным 20 нм, изображение остается достаточно качественным и при гораздо больших значениях дефокусировки – не менее 1600 нм.

Заключение. Глубина резкости изображений, восстановленных с помощью синтезированных голограмм-проекторов Френеля, помимо длины волны излучения и числовой апертуры существенно зависят от выбора параметров синтеза голограммы. Зависимость глубины резкости изображения от характеристического размера объекта при стандартных параметрах синтеза не равна привычной для традиционных оптических систем обратной пропорциональной зависимости от апертуры. Более близкое к ней приближение реализуется при выборе параметров дискретизации объекта по крайней мере равном периоду дискретизации голограммы. Была показана

перспективность и эффективность предложенных методов для увеличения глубины резкости изображений, формируемых с помощью синтезированных голограмм-проекторов Френеля.

Литература

1. Франсон М. Оптика спеклов. – М.: Мир, 1980. – 172 с.
2. Цуканова Г.И., Карпова Г.В., Багдасарова О.В., Карпов В.Г., Кривопустова Е.В., Ежова К.В. Прикладная оптика. Ч. 2. Учебно-методическое пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. – 32 с.
3. Корешев С.Н., Смородинов Д.С., Никаноров О.В. Изображающие свойства дискретных голограмм. I. Влияние дискретности голограммы на восстановленное изображение // Оптический журнал. – 2014. – Т. 81. – № 3. – С. 14–19.
4. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Громов А.Д. Метод синтеза голограмм-проекторов, основанный на разбиении структуры объекта на типовые элементы и программный комплекс для его реализации // Оптический журнал. – 2012. – Т. 79. – № 12. – С. 30–37.
5. Корешев С.Н., Смородинов Д.С., Никаноров О.В., Громов А.Д. Влияние метода представления объекта на изображающие свойства дискретных голограмм // Оптический журнал. – 2015. – Т. 82. – № 4. – С. 66–73.



Хасанов Артур Раильевич
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, группа № Т4219
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: kingartur-12@mail.ru

УДК 663.885

РАЗРАБОТКА СЕРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ АЛИМЕНТАРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Хасанов А.Р.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Матвеева Н.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615871 «Биотехнология, процессы и аппараты для производства продуктов питания функционального назначения».

Рассмотрены тенденции потребления сокосодержащих напитков функционального назначения на основе растительного сырья и их полезности для здоровья. Проведенный анализ рынка безалкогольных напитков показал, что в последние годы в этом секторе произошли существенные изменения. Потребители больше не считают напитки только средством утоления жажды, а воспринимают их как полезные для здоровья пищевые продукты, соответствующие определенному образу жизни и содержащие определенные ингредиенты. Как показывают статистические исследования и данные социологических опросов, существует перенасыщенность и высокая конкуренция в секторе безалкогольных напитков, но

доля функциональных напитков в общем объеме потребления невелика и составляет всего 18%. С 2013 года наметилась тенденция увеличения спроса на функциональные напитки. Спрогнозирован глобальный рост рынка функциональных напитков. К 2021 году ежегодный рост составит 7,4% [1].

В связи с этим возникает необходимость создания новых напитков, ориентированных на различные группы потребителей, удовлетворяющие конкретным требованиям относительно пользы для здоровья. Направленность напитков определялось, основываясь на статистике алиментарных заболеваний в России.

Таким образом, исходя их этого Россия занимает четвертое место в мире по смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и первое по инвалидности. Актуальной проблемой являются заболевания нервной системы. В России в психиатрической помощи нуждается 24% населения. Особое место занимают легкие невротические расстройства. Их процент составляет 75–80% от всех неврологических заболеваний. В связи с этим актуальным является создать серию функциональных напитков для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой, нервной, лимбической системы для разных групп населения.

Для создания серии функциональных напитков для профилактики алиментарных заболеваний поставлены следующие задачи:

- определить объекты и материалы разрабатываемых напитков и обосновать их выбор;
- составить рецептуры трех функциональных напитков профилактического действия, используя дескриптивный метод:
  1. напиток – ноотроп «Интеллект» для профилактики заболеваний лимбической системы;
  2. напиток – анксиолитик «Спокойствие» для профилактики заболеваний нервной системы;
  3. напиток – сосудопротектор «Сердцебиение» для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы;
- провести испытание на определение срока хранения разработанных функциональных напитков методом ускоренного старения (ASLT) с использованием уравнения Аррениуса и критерия старения Q_{10};
- определить содержание тяжелых металлов в качестве критерия безопасности разработанных ФН, методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Разработанная серия функциональных напитков направлена на алиментарные заболевания, связанные с сердечно-сосудистой, нервной и лимбической системой и предназначена для разных категорий населения. Рецептуры разрабатывались дескриптивным методом.

ФН№1 ноотроп «Интеллект». Предназначен для детей школьного возраста, студентов, людей, занимающихся активной интеллектуальной и когнитивной деятельностью.

ФН№2 анксиолитик «Спокойствие». Направлен на людей, трудящихся в стрессовых условиях длительное время (пожарные, спасатели, полиция), студентов с большой учебной нагрузкой, для людей страдающих частыми депрессиями, сезонной сменой настроения, апатией.

ФН№3 сосудопротектор «Сердцебиение». Предназначен для людей имеющих предрасположенность к атеросклерозу и другим ССЗ (тромбоз, варикоз), врожденные заболевания, пороки сердца, люди пожилого возраста. Сводная информация свойств и состава напитков представленная в табл. 1.

Таблица 1. Ингредиентный растительный состав функциональных напитков профилактического назначения

Название напитка (используемое сырье)	**Химический состав**	**Назначение и описание**
ФН№1 ноотроп «Интеллект» 1. Красный виноград 2. Черника 3. Морковь 4. Киви 5. Яблоко Зеленый, черный чай, сухие экстракты смородины и винограда	Лютеолин, B6, B12, B1, B2, железо натрий, калий, проантоцианидины, фолиевая кислота. Флавононы, рутин Mn, Fe, K, Na	Нейрометаболический стимулятор. Улучшение памяти, внимания и интеллектуальной деятельности. Профилактика устойчивости мозга к повреждающим факторам. Профилактика болезни Альцгеймера
ФН№2 анксиолитик «Спокойствие» 1. Клубника 2. Черника 3. Яблоко 4. Малина 5. Лайм Чай зеленый, сухие экстракты смородины и винограда	Флавонолы, антоцианы, катехины, танины, кальций, сера, фосфор, железо, хром, лецитин, витамины группы B, Mn, Fe, K, Zn	Анксиолитическое действие (противотревожное). Устранение волнения, тревоги, страхов. Стабилизация нервной системы. Ингибирование стресса. Профилактика депрессий, фобий.
ФН№3 сосудопротектор «Сердцебиение» 1. Черный виноград 2. Ежевика 3. Смородина 4. Сельдерей 5. Грейпфрут Чай красный травяной, шалфей, корица, сухие экстракты смородины и винограда	Антоцианы, катехины, дигидтрокверцитин, олигомеры проантоцианидинов, резвератрол, цинк, магиний, калий, природные антикоагулянты, Ca, Fe, K, Na, Mg	Сосудоукрепляющее действие. Антиоксидантное действие. Снижение ЛПНП. (Ингибирование комплекса холестерин-ЛПНП). Профилактика атеросклероза.

При выборе ингредиентов руководствовались наличием полифенольных веществ, как функциональных микроингредиентов разнонаправленного действия, а также рекомендациями диетологов в области функционального профилактического питания [2]. В качестве основного источника полифенольных веществ и антоцианов, обеспечивающего 300 мг этой группы веществ использовались сухие экстракты. Проанализировав ассортимент плодово-ягодных экстрактов, выбраны следующие экстракты: экстракт листа черной смородины, экстракт кожицы черного винограда. Эти экстракты наряду с остальными имеют самое большее содержание полифенольных веществ (антоцианов и флавоноидов) [3].

В рамках работы определяли сроки годности напитков методом ускоренного старения (ASLT) с использованием уравнения Аррениуса, критерия старения и калькулятора ускоренного старения для прогноза эксперимента [4].

Выбраны параметры эксперимента: контрольный образец выдерживали при 20°С; два параллельных образца выдерживали при максимальной температуре, при которой действует закон Аррениуса 60°С; рассчитанное, с использованием калькулятор ускоренного старения, время экспозиции в термостате – 23 дня; контролируемые показатели: содержание суммарных фенольных веществ и антоцианов [5]. На рисунке представлена общая зависимости концентраций антоцианов и суммарных фенольных веществ функционального напитка от времени в течение всего эксперимента. Результаты эксперимента обработаны математическим методом в Microsoft Excel.

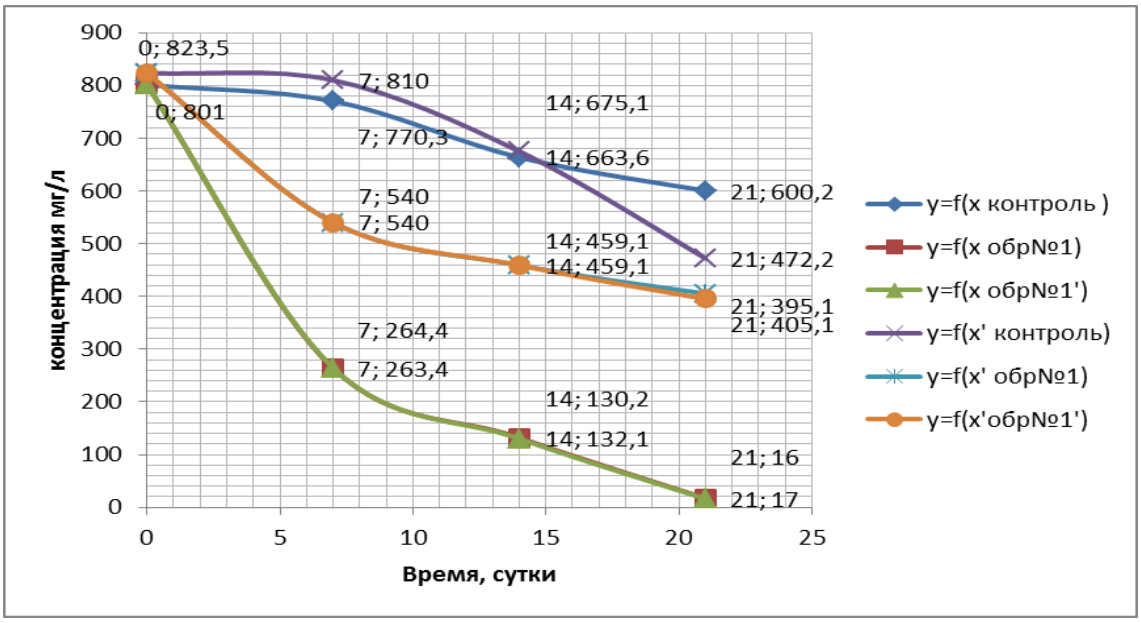


Рисунок. Зависимость концентраций антоцианов и флавоноидов от времени ускоренного хранения. Где *x* – концентрация флавоноидов; *x*' – концентрация антоцианов

Таким образом, установлены сроки хранения всех функциональных напитков на плодово-ягодных и овощных соков и сухих растительных экстрактов: по наименее резистентному компоненту – антоцианам: напиток №1 – 4,2 месяца; напиток №2 – 4,3 месяца; напиток №3 – 4,0 месяца и по наиболее резистентному компоненту – суммарным фенольным веществам: ФН№1 – 11,3 месяца; ФН№2 – 11,3 месяца; ФН№3 – 11,1 месяца. Срок годности по содержанию антоцианов низкий. Его можно продлить, если в рецептуру напитка изначально добавлять избыточное количество сухих экстрактов или заменить на любой другой экстракт, содержащий антоцианов в котором больше.

Далее полученные напитки испытаны на тяжелые металлы.

К тяжелым металлам, как одним из показателей безопасности относятся: свинец (Pb), мышьяк (As), кадмий (Cd), ртуть (Hg). Общий механизм влияния на организм тяжелых металлов является связывание с белками, а именно с сульфгидрильными группами, в связи, с чем нарушаются транспортные рецепторные функции белковых веществ. Для определения содержания тяжелых металлов использовали метод атомно-абсорбционной спектрофотомерии (ААС). Он основан на свойствах определенных атомов поглощать (абсорбировать) свет с определенной длиной волны. Мышьяк, свинец и кадмий определяли на ААС Shimadzu AA-6300. Ртуть определяли на анализаторе ртути «Юлия 5-К». В результате выявлено, что содержание тяжелых металлов (As, Cd, Pb, Hg) в

функциональных напитках не превышает допустимые нормы и функциональные напитки является безопасным и соответствует ТР/ТС 021 «О безопасности пищевой продукции» по данному показателю. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов

Показатель	Норма	ФН№1 ноотроп «Интеллект»	ФН№2 анксиолитик «Спокойствие»	ФН№3 сосудо-протектор «Сердцебиение»	Нормативный документ
		Результаты измерений			
Мышьяк (As)	Не более 0,1 мг/л	Менее 0,02 мг/л	Менее 0,02 мг/л	Менее 0,02 мг/л	ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005)
Кадмий (Cd)	Не более 0,03 мг/л	Менее 0,01 мг/л	Менее 0,01 мг/л	Менее 0,01 мг/л	ГОСТ EN 14083-2013
Свинец (Pb)	Не более 0,3 мг/л	Менее 0,15 мг/л	Менее 0,15 мг/л	Менее 0,15 мг/л	ГОСТ EN 14083-2013
Ртуть (Hg)	Не более 0,05 мг/л	Менее 0,005 мг/л	Менее 0,005 мг/л	Менее 0,005 мг/л	ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002)

В результате работы получены следующие выводы:

1. разработаны рецептуры функциональных напитков для профилактики сердечно-сосудистой, нервной и лимбической системы;
2. установлены сроки годности функциональных напитков;
3. определено содержание тяжелых металлов в готовых напитках, не превышающее нормируемые значения.

Разработанные инновационные напитки могут быть использованы для расширения ассортимента рынка безалкогольных напитков РФ.

Литература

1. Пакен П. Функциональные напитки и напитки специального назначения. – СПб.: Профессия, 2010. – 495 с.
2. Голубев В.Н. Пищевые и биологически активные добавки: учебник для студентов высших учебных заведений. – СПб.: Академия, 2003. – 208 с.
3. Килкаст Д., Субраманиам П. Стабильность и срок годности. Безалкогольные напитки, соки, пиво и вино. – СПб.: Профессия, 2012. – 440 с.
4. Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
5. Хасанов А.Р., Матвеева Н.А. Определение тяжелых металлов, в качестве критерия безопасности пищевого продукта, методом атомно-абсорбционной спектроскопии на примере функционального напитка иммуностимулирующего действия // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/4728/4728.pdf, своб.



Челянов Эдуард Ринадович
Год рождения: 1973
Институт международного бизнеса и права,
кафедра интеллектуальной собственности и управления инновациями, группа № О4220
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: eduard-chelyanov@mail.ru

УДК 339.543

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Челянов Э.Р.
Научный руководитель – д.э.н., профессор Богданова Е.Л.

Укрепление обороноспособности страны невозможно без эффективного развития системы вооружения и, в частности, неотъемлемого ее компонента – военной автомобильной техники (ВАТ) – основы обеспечения тактической и оперативной подвижности подразделений и частей, сухопутных и других видов и родов войск. Создание отвечающей всем современным и перспективным вызовам и угрозам национальной безопасности системы вооружения, тем более в условиях становления неокрепшей российской рыночной экономики, возможно только с широким использованием технических инноваций (ТИ) и прорывных военных и промышленных технологий. Для зарождения и развития инноваций и прорывных научных и промышленных технологий в области обороны остро необходимо проведение эффективной инновационной и инвестиционной военно-технической политики государства, а также своевременная и четкая их реализация в рамках государственных программ вооружения (ГПВ), государственных оборонных заказов и комплексных целевых программ [1], являющихся своего рода государственными инвестиционными проектами.

В свою очередь, для формирования реально эффективных программ и планов развития вооружения необходим значительный комплексный взаимоувязанный на всех уровнях декомпозиции системы вооружения научно-методический аппарат их обоснования. В большинстве своем в научно-исследовательских организациях Министерства обороны (НИО МО) РФ он создан и широко используется. Но время не останавливается, меняются условия, развивается наука и техника и т.п. На этом фоне, естественно, устаревают некоторые методы и методики, многие подвергаются доработке и модернизации. Поэтому, процесс совершенствования научно-методического аппарата обоснования и формирования документов программно-целевого планирования развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) во все времена остается актуальным.

Таким образом, исходя из изложенного вопрос анализа и совершенствования методологии оценки технических инноваций в процессе развития ВАТ, как неотъемлемого системообразующего компонента системы вооружения Вооруженных сил (ВС РФ), необходимой для обоснования выбора и формирования перечня первоочередных базовых, критических, промышленных и

военных технологий в интересах развития ВАТ, в современных условиях также является актуальным.

В целях повышения военно-технической и экономической эффективности мероприятий по развитию ВАТ в системе вооружения ВС РФ на долгосрочный период путем приоритизации ТИ для ВАТ по показателю военно-технической эффективности их внедрения выполнены исследования в рамках работы.

Актуальность исследований обусловлена исключительной важностью темы для определения основных направлений развития и обоснования предложений в проекты концептуальных и программных документов, определяющих перспективы развития ВАТ на долгосрочную перспективу.

В ходе исследования выполнен анализ целесообразности применения научно-методического аппарата оценки ТИ [2–10], используемого для создания и развития ВВСТ ВС РФ, в интересах развития ВАТ, который показал:

– в той или иной степени при формировании перечней ТИ оцениваются их новизна, значимость, экономическая целесообразность, готовность, реализуемость, военно-экономическая эффективность;
– в зависимости от количества имеющихся объективных исходных данных об инновации (или новой технологии), используются либо объективные методы (оценка по техническому уровню), либо методы экспертной квалиметрии;
– научные и технологические достижения, внедряемые в существующие и перспективные образцы ВВСТ призваны повысить их эффективность во всех условиях и режимах использования. Условия и режимы использования существующих и вновь создаваемых образцов ВВСТ трансформируются в определенную совокупность тактико-технических требований к этим образцам. Данные требования учитываются в методике прогнозирования военно-технической эффективности инновационных разработок при их внедрении в образцах (составных частях, элементах, узлах) ВВСТ;
– в тоже время, выявлено противоречие, что при наличии в НИО МО РФ мощного научно-методического аппарата обоснования перечня ТИ для развития системы вооружения ВС РФ, напрямую для решения этих же задач в интересах развития ВАТ он неприменим, так как не учитывает особенности ее развития, новые задачи, многоцелевой характер и широкий диапазон условий, режимов и способов ее использования, и другие факторы.

Таким образом, для адаптации указанного научно-методического аппарата к оценке и отбору технических инноваций в интересах развития ВАТ на стадии планирования создания научно-технического задела (НТЗ) и наиболее полного учета указанных выше особенностей, целесообразна разработка новой методики оценки военно-технической эффективности внедрения технических инноваций в образцы военной автомобильной техники. Что и сделано в данной работе.

Новая «Методика оценки военно-технической эффективности внедрения технических инноваций в образцы ВАТ» [11, 12] обеспечивает решение научной задачи приоритизации перечня ТИ для создания НТЗ в области развития ВАТ для реализации в рамках ГПВ, а также позволяет отсеять менее эффективные инновации в условиях финансовых ограничений государства на оборону.

Методика применяется на этапе формирования единой системы исходных данных для программно-целевого обеспечения реализации военно-технической политики Российской Федерации на программный период в части создания НТЗ для развития ВАТ.

Методика позволяет:

– обосновать минимально достаточную номенклатуру наиболее значимых тактико-технических характеристик (ТТХ) для основных типов ВАТ на основании перспективных требований войск авторским методом на основе расчета корреляционного отношения между наиболее значимыми тактико-техническими требованиями войск к ВАТ на программный период и ТТХ типов ВАТ;
– сформировать предварительное множество ТИ, использование которых возможно в образцах ВАТ на основе оценки новизны этих инноваций с учетом компетенции экспертов по заимствованным методикам [5, 6, 10];
– оценить степень влияния ТИ на ТТХ ВАТ путем расчета показателей значимости ТИ для создания перспективной ВАТ по каждому эксперту, учитывающих компетенцию экспертов, корреляционное отношение между технической инновацией и наиболее значимыми ТТХ типов ВАТ (определяемое адаптированным автором к задаче количественно-качественным методом), и введенный автором коэффициент относительной широты использования ТИ в образцах Типажа ВАТ для ВС РФ на программный период;
– оценить военно-техническую эффективность внедрения ТИ в образцы ВАТ на программный период по произведению усредненной оценки значимости ТИ для создания перспективной ВАТ и индекса рентабельности этих ТИ за жизненный цикл (ЖЦ). При этом Индекс рентабельности ТИ за ЖЦ интерпретирован как отношение совокупного дохода от внедрения ТИ за все стадии ее ЖЦ к совокупным затратам на всем протяжении ЖЦ как самой ТИ, так и образцов ВАТ с внедренной инновацией, либо их составных частей.

Показатель военно-технической эффективности внедрения ТИ в образцы ВАТ характеризует степень их влияния на наиболее значимые ТТХ типов (типажных групп) ВАТ различных классов грузоподъемности, широту возможного их использования и прогнозируемую их рентабельность за жизненный цикл. При этом учитываются обоюдные интересы потребителя и производителя. Так показатель усредненной оценки значимости ТИ для создания перспективной ВАТ учитывает интересы потребителя по удовлетворению перспективных требований войск к ТТХ ВАТ на программный период, а индекс рентабельности ТИ за ЖЦ отражает возможную заинтересованность производителей ВАТ во внедрении этих инноваций.

Разработаны обобщенный алгоритм [13] и порядок применения методики оценки военно-технической эффективности внедрения ТИ в образцы ВАТ на программный период путем полной интеграции в систему обоснования и формирования научно-технического задела для создания новой и модернизации существующей военной автомобильной техники в процессе программно-целевого планирования ее развития.

Оценка ТИ для ВАТ по показателю военно-технической эффективности их внедрения позволит научно обосновать приоритетность НИОКР по созданию НТЗ для ВАТ, определить первоочередные мероприятия по созданию и внедрению ТИ в перспективные образцы и семейства ВАТ, реализуемые в условиях финансовых ограничений государства на национальную безопасность. Вследствие этого обеспечивается концентрация государственных ресурсов на реализацию действительно потенциально значимых ТИ для ВАТ на программный период. В результате повышается военно-техническая и экономическая эффективность мероприятий по развитию ВАТ в системе вооружения ВС РФ на долгосрочный период.

Литература

1. Челянов Э.Р., Шипилевский Г.Б., Демик В.В. Методика разработки и выполнения комплексных целевых программ развития военной автомобильной техники // Военная мысль. – 2017. – № 5(96). – С. 61–66.
2. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Изд-во ООО «Купол», 2009. – 624 с.
3. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Совершенствование управлением оборонно-промышленным комплексом. – М.: Изд-во ООО «ОнтоПринт», 2016. – 472 с.
4. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. – 2-е изд., перераб., доп. / Под ред. А.М. Московского. – М.: Изд. дом «Граница», 2005. – 520 с.
5. Борисенков И.Л., Смирнов С.С., Лясковский В.Л. Методика выбора состава исследований на основе унифицированных процедур // Компетентность. – 2013. – № 3(104). – С. 6–11.
6. Борисенков И.Л., Смирнов С.С., Лясковский В.Л. Методика выбора состава исследований на основе унифицированных процедур // Компетентность. – 2013. – № 4(105). – С. 50–58.
7. Борисенков И.Л., Лясковский В.Л., Смирнов С.С. Метод формирования перечня высокорисковых инновационных исследований и разработок в условиях ресурсных ограничений на их выполнение и реализацию // Стратегическая стабильность. – 2014. – № 4. – С. 35–44.
8. Лясковский В.Л., Смирнов С.С., Догадов А.А. Метод выбора перечня задельных оборонных исследований в условиях ограниченного финансирования на их выполнение и реализацию // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса. – 2013. – № 1. – С. 34–39.
9. Лясковский В.Л., Смирнов С.С., Пронин А.Ю. Методика формирования портфеля фундаментальных и поисковых исследований с учетом прогнозируемых угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере // Вооружение и экономика. – 2014. – № 3(28). – С. 12–19.
10. Лясковский В.Л., Смирнов С.С., Пронин А.Ю. Методика оценки компетентности экспертов процессе формировании предложений в проекты программных документов // Вооружение и экономика. – 2013. – № 3(24). – С. 54–59.
11. Челянов Э.Р., Богданова Е.Л., Пронин А.Ю. Методический подход к оценке военно-технической эффективности внедрения технологических разработок в образцы военной автомобильной техники // Вооружение и экономика. – 2017. – № 2(39). – С. 41–51.
12. Челянов Э.Р. Об оценке военно-технической эффективности внедрения технических инноваций в образцы военной автомобильной техники // Сб. по итогам научно-практической конференции «Облик перспективных образцов в Типаж ВАТ до 2030 года». – 2016. – С. 169–178.
13. Челянов Э.Р., Богданова Е.Л., Смирнов С.С. Алгоритм оценки военно-технической эффективности внедрения технических инноваций в образцы военной автомобильной техники в рамках программно-целевого планирования развития вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1(38). – С. 48–53.



Шкавро Анастасия Игоревна
Год рождения: 1995
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4207
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: ana-shkavro@yandex.ru

УДК 635-154, 631.547

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Шкавро А.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Чертов А.Н.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

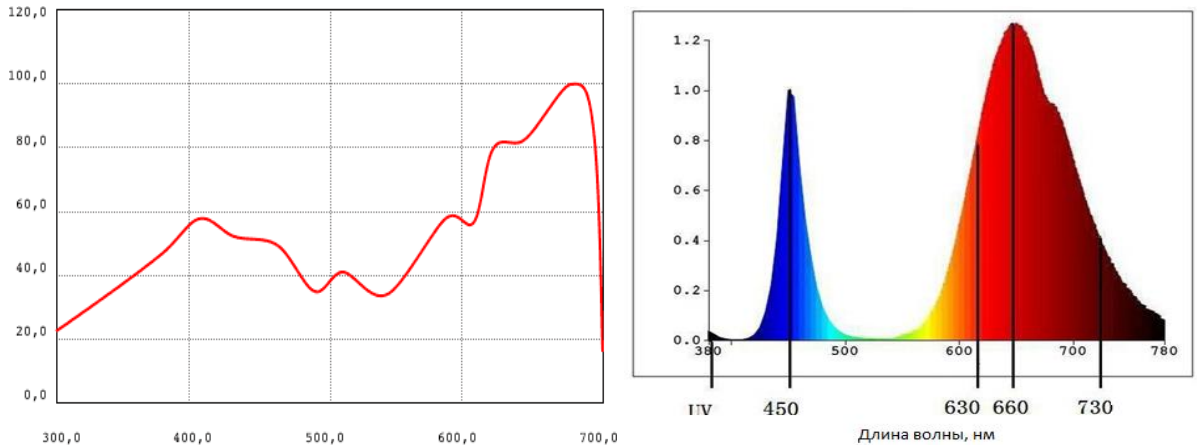
Вопросы обеспечения продовольственной безопасности требуют от агропромышленного комплекса повышения эффективности выращивания культурных растений в условиях круглого года. Таким образом, актуальным является и развитие технологий искусственного освещения растений.

В соответствии с выше изложенным, **целью работы** является исследование и разработка макета источника для облучения растений на основе излучающих диодов.

В ходе аналитического обзора было выявлено, что современный рынок предлагает самые разнообразные типы источников излучения достаточно широкого круга производителей, в разной степени отвечающие вопросам эффективного освещения растений. С точки зрения энергоэффективности, безусловно, выделяются светодиодные фитоисточники. На данный момент они получают все большее распространение среди сельскохозяйственных предприятий. Проведенные патентные исследования подтвердили перспективность фитоисточников на основе светодиодных технологий. Также в результате теоретических исследований были выявлены основные недостатки существующих технических решений. Ключевыми из них являются ограниченный спектральный состав излучения и отсутствие индивидуальной подстройки под различные виды и сорта культурных растений.

Чем же обусловлены недостатки существующих систем? Дело в том, что большинство светодиодных фитоисточников основаны на том факте, что максимальная активность растительных пигментов приходится на 445 нм и 660 нм, в синей и красной частях спектра. Реализуется двухволновая подсветка, в то время как график чувствительности среднего листа, представленный на рис. 1, а наглядно показывает, что в биологических процессах растений участвует область спектра от длинноволнового УФ до ближнего ИК. Не стоит так же забывать и о трех основных процессах, необходимых для полноценного роста и развития растения: фотосинтезе, фотопериодизме и фотоморфогенезе [1].

В качестве примера на рис. 1, б приведен график спектра излучения типового светодиодного источника.



а б

Рис. 1. Относительная спектральная эффективность фотосинтеза зеленого листа (а); спектр излучения типовой светодиодной фитолампы (б)

Безусловно, использование лишь двух спектральных пиков негативно сказывается на качестве растительной продукции. Примером этому могут служить большие и красивые помидоры, но без запаха и вкуса.

Была предложена реализация системы освещения растений по схеме представленной на рис. 2. Управление фитоисточником осуществляется не только по яркости, но и по спектральному составу, что позволяет настраивать его под различные виды культурных растений. Опционально могут быть использованы видеокамера, как элемент контроля формы и качества «органов» растения, и устройство контроля излучающих диодов.

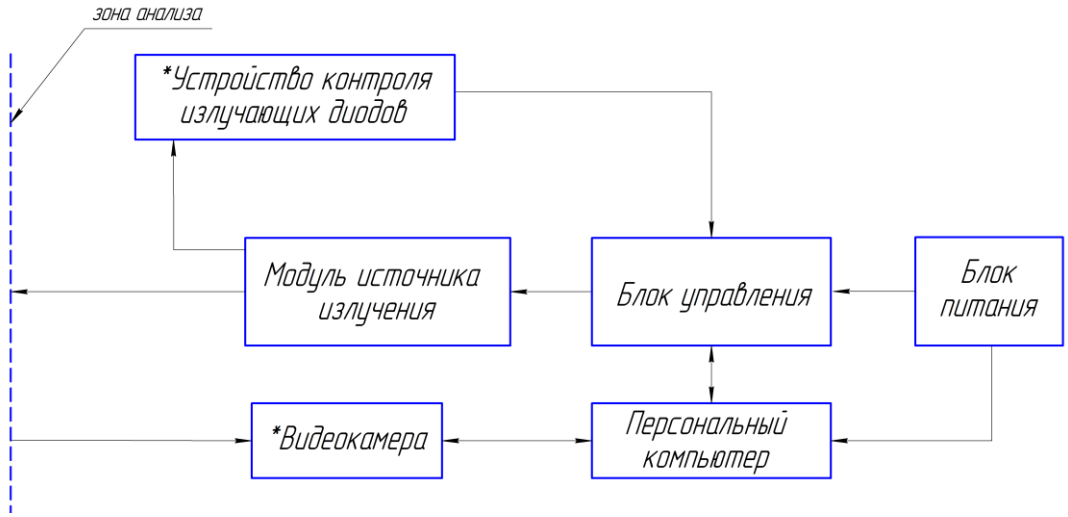


Рис. 2. Структурная схема исследовательской установки

Для реализации макета разрабатываемой системы освещения растений были выбраны 6 типов ИД. Элементная база была подобрана таким образом, чтобы суммарный спектр излучения был близок к спектральной характеристике чувствительности «среднего» листа по Свентицкому [2]. Результат моделирования рабочего спектра представлен на рис. 3.

Была предложена геометрия расположения ИД, представленная на рис. 4, а, на основании которой был проведен энергетический расчет источника. В результате расчета было получено суммарное значение светового потока системы, которое составило 150 лм.

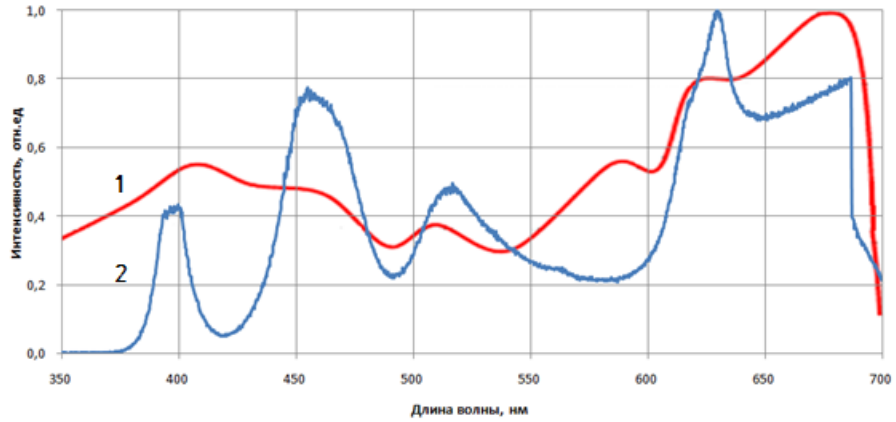
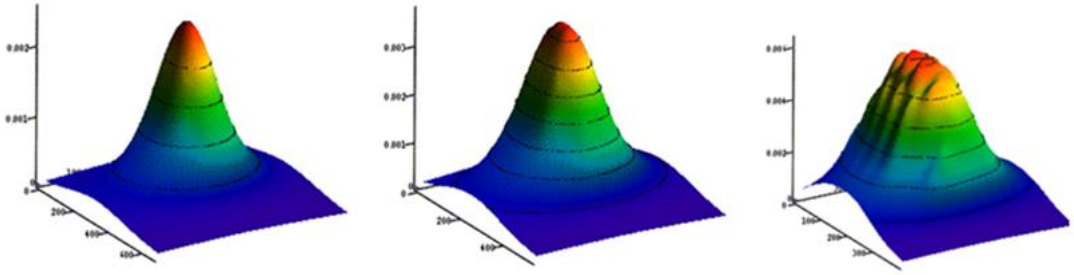


Рис. 3. Результат моделирования рабочего спектра на основе ИД

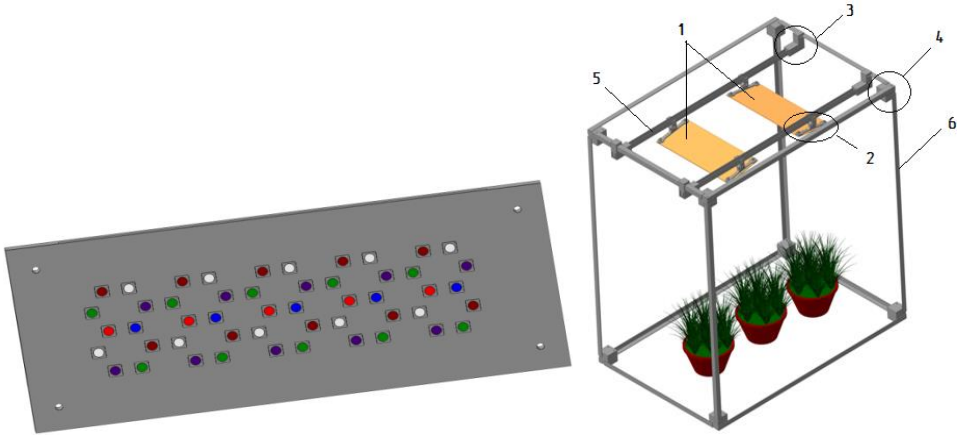
Для исследования равномерномерности облучения растений были построены трехмерные модели распределения светового потока для трех различных расстояний от области засветки, представленные на рис. 4. Установлено, что предпочтительным рабочим диапазоном расстояний является диапазон от 350 до 500 мм.



500 мм 350 мм 200 мм

Рис. 4. Трехмерные графики распределения суммарного светового потока в зависимости от расстояния

Была разработана конструкция оптико-электронной системы освещения растений (ОЭС ОР), отображенная на рис. 5, б. Ее особенностью является возможность регулировки наклона плат источников излучения для обеспечения более равномерной засветки.



а б

Рис. 5. Геометрия расположения ИД на модели разработанного кластера (а); трехмерная модель экспериментальной установки ОЭС ОР (б)

Написан алгоритм управления, который учитывает два рабочих режима (день\ночь), а также позволяет настраивать количество используемых типов излучающих диодов и их яркость.

Для проведения экспериментальных исследований понадобился альтернативный источник излучения, в качестве которого был выбран источник на основе фито светодиодов марки «Epistar», широко распространенных на сельскохозяйственном рынке.

Целью эксперимента являлось выявление реакции растения на различные источники излучения. Было создано три экспериментальные группы, которые выращивались под различными источниками излучения. В качестве объекта исследований был выбран весенний сорт кресс-салата, наиболее неприхотливый к выгонке.

Сравнительный анализ экспериментальных групп показал, что салат, выращиваемый под ОЭС ОР по внешним показателям уступает образцам из двух других групп, однако по вкусовым качествам оказался лучше, чем у альтернативного фитоисточника. На рис. 6 показаны фотографии опытных групп на момент окончания эксперимента (14 день) [3, 4].



а б в

Рис. 6. Результаты экспериментальных исследований: естественные условия освещения (а); источник ОЭС ОР (б); альтернативный источник излучения на базе фито светодиодов (в)

Научная новизна работы заключается:

– в том, что для искусственных источников облучения растений предложено посредством использования комбинации излучающих диодов различного спектрального диапазона реализовывать спектр излучения, максимально приближенный к спектральной чувствительности «среднего» листа по И.И. Свинтицкому, для эффективного стимулирования роста и созревания плодов;
– в принципах построения (организации) управляемого многокомпонентного источника для облучения растений, в том числе, предложенной схеме взаимного расположения отдельных излучающих диодов различного спектрального состава в структуре источника, а также схеме питания и управления группами излучающих диодов для создания равномерной подсветки растения.

Практической ценностью работы:

– лабораторный макет ОЭС ОР, позволяющий осуществлять настройку спектра излучения для различных культурных растений;
– результаты экспериментальных исследований разработанного макета ОЭС ОР, подтверждающие применимость предложенной методики освещения культурных растений.

Литература

1. Шкавро А.И., Чертов А.Н., Мурашев С.В., Горбунова Е.В. Существующие устройства излучения для воздействия на фотобиологические процессы роста и развития растений // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. – 2016. – Т. 1. – С. 333–336.
2. Shkavro A.I., Peretyagin V.S., Gorbunova E.V., Chertov A.N., Korotaev V.V. The model of the controllable radiation source for stimulation of growth and maturing of fruits of cultivated plants // Proceedings of SPIE. – 2017. – V. 10124. – P. 101241I.

3. Рубин Б.А. Курс физиологии растений. – 4-е изд. перераб. и доп. Учебник для ун-тов. – М.: Высш. школа, 1976. – 576 с.
4. Козырева И.Н. Формирование фитопотоков светодиодных облучательных установок для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Томск, 2014. – 116 с.



Щаев Егор Геннадьевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники, кафедра систем управления и информатики, группа № Р4240
Направление подготовки: 27.04.04 – Управление в технических системах
e-mail: egor-94@bk.ru

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Щаев Е.Г.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Литвинов Ю.В.

Поисково-спасательные работы – это комплекс мероприятий по спасению в первую очередь жизней людей. Поэтому задачи, касающиеся поиска людей на местности, являются актуальными в службе МЧС и вооруженных силах. Примерами могут служить:

– поиск людей, попавших в авиакатастрофы, заблудившихся в лесу и т.д.;
– поиск военнослужащих при проведении военных операций, при поиске катапультировавшихся пилотов или раненых в бою.

Таким образом, требуются практические решения, которые смогут обеспечить достаточные для выживания быстродействие и точность поиска. Использования при решении поставленной задачи глобальной спутниковой навигационной системы (далее GNSS) недостаточно в связи с наличием ряда существенных недостатков:

– невысокое наклонение орбит навигационных спутников серьезно ухудшает точность в приполярных районах Земли, так как спутники невысоко поднимаются над горизонтом;
– уровень приема сигнала от спутников может серьезно ухудшиться под плотной листвой деревьев, в условия снежной метели, или из-за очень большой облачности;
– качество сигнала существенно зависит от положения приемника в пространстве;
– возможность блокирования, искажения или подмены сигнала средствами радиоэлектронной борьбы;
– энергопотребление приемников существенно сокращает время автономной работы носимых устройств.

Принимая во внимание все вышеперечисленные недостатки GNSS систем, в качестве альтернативного метода определения местоположения предлагается использовать радиолокацию [1], т.е. свести задачу поиска людей к задаче поиска радиомаяков в виде носимых браслетов. А учитывая факт, что никогда не известно где и когда произойдет чрезвычайная ситуация, в которой потребуется проводить поисково-спасательные операции, система должна быть мобильной. Поэтому в работе предлагается использовать беспилотный летательный аппарат (БПЛА) в качестве

носителя радиолокационной станции, с помощью которой будет устанавливаться связь с радиомаяками. Наиболее существенными факторами, которые позволят применять БПЛА при проведении поисково-спасательных работ, являются:

– возможность полета на низкой высоте для обеспечения визуального контакта с пострадавшими;
– стоимость и обслуживание БПЛА на несколько порядков ниже пилотируемых воздушных судов (ПВС);
– БПЛА исключает фактор усталости экипажей ПВС во время длительных поисковых операций;
– применение в условиях, когда есть риск потери экипажей ПВС.

Таким образом, БПЛА являются очень удобным, экономически более выгодным и обеспечивающим высокую скорость и точность инструментом для выполнения поисково-спасательных операций.

Алгоритм поиска местоположения цели основан на дальномерном способе определения координат [2]. БПЛА необходимо измерить расстояние до радиомаяка с различных точек полета, что обеспечит достаточный набор данных для точного определения положения цели по алгоритму мультилатерации. Поиск координат местоположения объекта (или объектов) будет осуществляться в несколько этапов:

1. облет местности поиска – облет квадрата поиска с целью определить более узкие зоны, в которых наиболее вероятно находится объект поиска;
2. полет по первому участку траектории – сбор данных о расстоянии до радиомаяка в зависимости от координат полета БПЛА и их анализ с целью определить приблизительные координаты объекта поиска;
3. полет по второму участку траектории – в зависимости от взаимного расположения БПЛА и объекта облет радиомаяка по траектории, обеспечивающей наилучший набор данных для анализа координат цели.

Перед началом определения точных координат объектов необходимо сузить зону поиска целей до меньших участков на местности, в которых обеспечивается прием радиосигнала от радиомаяков. Облет местности предлагается осуществлять методом параллельного галсирования [3], который заключается в обследовании района поиска отдельными параллельными полосами. Ширина полосы должна составлять 0,5–0,75 расчетной дальности обнаружения радиомаяка.

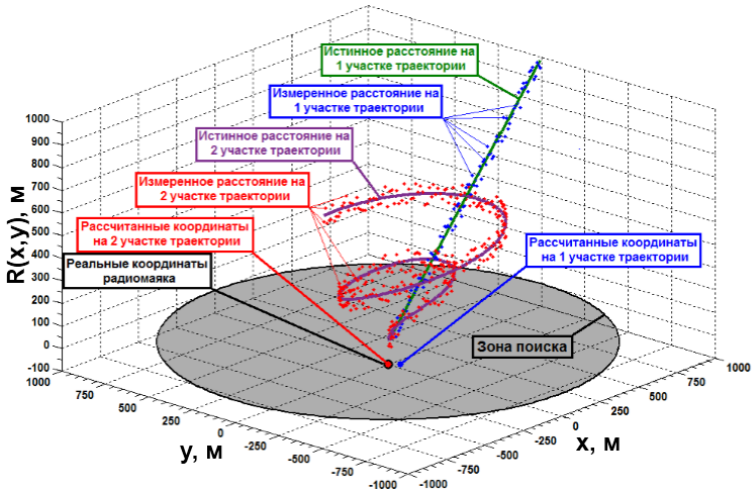


Рис. 1. Результаты моделирования полета БПЛА

В связи с тем, что передающая антенна радиомаяка является всенаправленной, зона поиска представляет собой окружность, как показано на рис. 1, которая

ограничена радиусом обнаружения цели. Для использования статистических алгоритмов анализа данных необходимо знать примерные координаты цели, которые предполагается определить в результате пролета по первому участку траектории, представляющему собой прямую с началом в точке влета в зону поиска и длинной в радиус зоны «слышимости» радиомаяка.

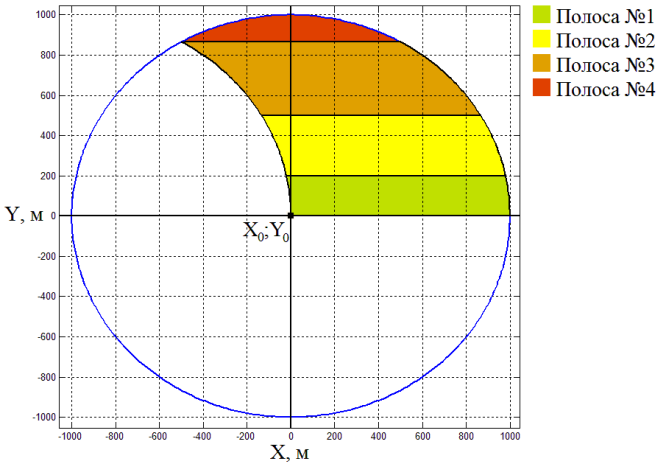


Рис. 2. Схема зоны точного поиска

В соответствии с рис. 2 пролет будет осуществляться в одной из 4 полос в зависимости от точки входа, так как характер зависимости расстояния от координат будет различным, поэтому методы расчета примерных координат цели и дальнейшее планирование траектории будут различаться.

В общем виде в двумерном случае зависимость расстояния до цели от координат БПЛА имеет следующий вид

$$R(x,y)=\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}\,, \qquad (1)$$

где (x_0, y_0) – координаты радиомаяка; (x, y) – координаты БПЛА.

При малых значениях $(y-y_0)$ относительно $(x-x_0)$, разностью $(y-y_0)$ в уравнении (1) можно пренебречь, получив

$$R(x)=|x|. \qquad (2)$$

В данном случае приближенные координаты цели можно свести к поиску минимума функции (2). Из-за погрешности в измерении полученные данные необходимо обработать с помощью рекурсивного фильтра Калмана [4]:

$$R_K(k)=KR(k)+(1-K)R_K(k-1)\,, \qquad (3)$$

где k – порядковый номер измерения; R – измеренное значение расстояния; K – коэффициент Калмана; R_K – отфильтрованное значение расстояния.

При сопоставимых значениях $(y-y_0)$ относительно $(x-x_0)$, разностью $(y-y_0)$ в уравнении (1) пренебрегать уже нельзя, так как с увеличением значения разности $(y-y_0)$, рассматриваемая зависимость (1) будет все больше расходиться в точке минимума с функцией (2). Поэтому в данном случае в работе предлагается с помощью метода наименьших квадратов аппроксимировать функцию расстояния параболой вида

$$R_П(x)=ax^2+bx+c\,. \qquad (4)$$

На среднем удалении БПЛА от радиомаяка оптимальной по точности и времени поиска является круговая траектория. На больших расстояниях круговая траектория не эффективна, так как на границе «слышимости» радиомаяка возможны «выпадения» точек из-за потерь связи, длина траектории будет составлять около 5 км, что негативно скажется на времени поиска и повлечет значительный расход топлива

(энергии) БПЛА. В связи с этим для полосы 3 предлагается использовать траекторию типа сходящейся спирали. На малых расстояниях круговая траектория облета затруднительна, поэтому в данном случае предлагается движение по раскручивающейся спирали Архимеда.

Анализировать полученные в результате пролета по второму участку траектории предлагается с использованием статистического алгоритма на основе нелинейного метода наименьших квадратов (НМНК) [5]. Необходимо учитывать, что алгоритм НМНК может расходиться, поэтому чтобы обеспечить его сходимость необходимо как можно точнее задать начальное приближение искомой точки. Проблема поиска начальных условий для алгоритма решается при пролете по первому участку траектории, поэтому будем считать, что на данном этапе вычислений весь набор данных, обеспечивающий сходимость НМНК, известен.

Прежде чем переходить к этапу моделирования предложенных выше алгоритмов необходимо оценить радиус зоны «слышимости» радиомаяка, а также погрешность измерения расстояния. Для этого были проведены экспериментальные исследования работы радиолокационного дальномера, работающего по принципу измерения задержки между сигналом запроса от базовой станции и сигналом ответа от радиомаяка. В ходе исследования производилось измерение на расстоянии между маяком и базовой станцией от 50 до 1000 м с шагом 50 м по 500 значений расстояния в каждой точке. При анализе полученных данных средняя погрешность измерений составила 25 м, максимальная 45 м.

На основании предложенного алгоритма поиска целей была построена математическая модель системы поиска в программной среде MATLAB. Исходные данные для моделирования полета по зоне №1: скорость БПЛА 90 км/ч, период опроса радиомаяка 400 мс, координаты радиомаяка (0, 0), координаты точки входа БПЛА в зону поиска – (1000, 0), погрешность измерения ±50 м. Результат моделирования показан на рис. 1. Найденные координаты $(x, y) \approx (2, 3)$.

В результате исследования разработана функциональная схема системы управления БПЛА и алгоритм поиска людей, попавших в чрезвычайную ситуацию, оборудованных аварийными радиомаяками. Предложены различные методы обработки измерений. В алгоритм формирования траектории полета БПЛА введена зависимость от результатов измерений с целью сократить время поиска (примерно в 2 раза) и увеличить точность расчета координат (обеспечивается сходимость НМНК). Экспериментально исследован метод измерения расстояния. Для используемого оборудования определена дальность (до 1000 м) и погрешность (не более 50 м) измерения. Построена математическая модель системы точного поиска в системе MATLAB. В ходе многократного моделирования доказана сходимость предложенного метода расчета координат.

Литература

1. Лёзин Ю.С. Введение в теорию и технику радиотехнических систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1986. – 280 с.
2. Никольский Б.А. Методы радионавигационных измерений. Часть 1. Учебное пособие. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2003. – 96 с.
3. Козлов В.П. Радио и визуальный поиск с воздуха людей, терпящих бедствие: Учебное пособие. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2004. – 70 с.
4. Grewal M.S., Andrews A.P. Kalman Filtering – Theory and Practice Using MATLAB. – Wiley-Interscience, 2001. – P. 11–20.
5. Hereman W. Trilateration: The Mathematics Behind a Local Positioning System // Department of Mathematical and Computer Sciences, Colorado School of Mines. – 2011. – 37 p.

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



Баландин Максим Александрович
Год рождения: 1992
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем, группа № М4223
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: balandinma59@gmail.com

УДК 004.93'11

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ЛИЦА НА ВИДЕО

Баландин М.А.
Научный руководитель – к.т.н. Кудашев О.Ю.

В настоящее время обнаружение и отслеживание лиц на видеозаписи является одной из самых хорошо изученных областей пересечения статического машинного обучения и машинного зрения. Уровень современных методик позволяет захватить и проанализировать незначительные изменения лица, которые имеют решающее значение для большого количества практических использований.

Одним из важных и развивающихся направлений применения характеристических точек лица является использование в системах верификации пользователя. Полученные точки можно применять как биометрические образцы, но при использовании в комбинации с аудио образцами надежность системы увеличивается кратно.

Наиболее перспективной областью применения таких систем является получение доступа к конфиденциальной информации с мобильных устройств. Ведь сейчас повседневное использование нескольких приложений мобильного банка, социальных сетей, хранилищ данных стала нормой. Использование биометрии в качестве способа верификации освобождает пользователя от запоминания большого количества паролей, при этом обеспечивая высокий уровень защищенности. Для того чтобы такой метод верификации работал, алгоритм поиска и отслеживания характеристических точек лица должен обрабатывать видео в режиме реального времени – приблизительно 25 кадров в секунду. Адаптация этих методик к условиям работы на мобильных устройствах означает ограничения как в вычислительных ресурсах, так и ограничения по памяти.

На сегодняшний день большая часть методов, способных детектировать и отслеживать характеристические точки лица, базируются на регрессионных каскадах, а оптимизация работы на видео достигается путем предобработки начального положения точек. На этом этапе все подходы можно разделить на два типа: методы, которые берут информацию из предыдущих кадров, и методы, которые преобразуют среднюю модель, начиная с сильных характеристик искомого объекта [1, 2].

Так как алгоритм потенциально будет работать в условиях ограниченных ресурсов, выбор был сделан в пользу быстродействующих методов, с которыми автор имел опыт работы – регрессионные алгоритмы машинного обучения. В качестве признаков, по которым будет осуществляться обучение алгоритма и дальнейшее тестирование, были выбраны локальные бинарные признаки, так как они имеют высокую эффективность и скорость работы.

Для решения задачи трекинга будет использована информация о двух предыдущих кадрах, для предсказания положения на следующем кадре.

В режиме трекинга этапы работы алгоритма будут выглядеть следующим образом:

1. инициализация:
   1.1. определение лица на изображении с помощью детектора лиц, основанного на Хаар-подобных признаках [3];
   1.2. детектирование характеристических точек лица с использованием локальных бинарных признаков и каскада регрессий [4];
2. трекинг характеристических точек:
   2.1. получение предполагаемого окна сканирования;
   2.2. детектирование характеристических точек лица с использованием локальных бинарных признаков и каскада регрессий;
   2.3. оценка качества полученной разметки с использованием локальных бинарных признаков и одной из вариаций нейронных сетей;
   – в случае положительной оценки – корректируем положения окна, исходя из полученной разметки, и предсказываем положение окна на следующем кадре, используя разницу между текущим и предыдущим кадром, и передаем полученное окно следующему кадру;
   – в случае отрицательной оценки – на следующем кадре определяем расположение лица с использованием детектора лиц п. 1.

В обучении использовались тренировочные части трех баз:

1. Helen – 2000 изображений;
2. LFPW – 1132 изображения;
3. STC – 1534 изображения.

В тестировании использовались четыре базы, три из которых имею тестовый набор, а одна целиком:

1. Helen – 330 изображений;
2. LFPW – 300 изображения;
3. AFW – 337 изображений;
4. STC – 209 изображений.

Для проведения эксперимента была использована 2-ая база данных, сформированная из открытой базы 300 Videos in the Wild (далее база данных 300-VW) [5], которая была разбита на четыре группы, по приближенности к сценарию верификации пользователя.

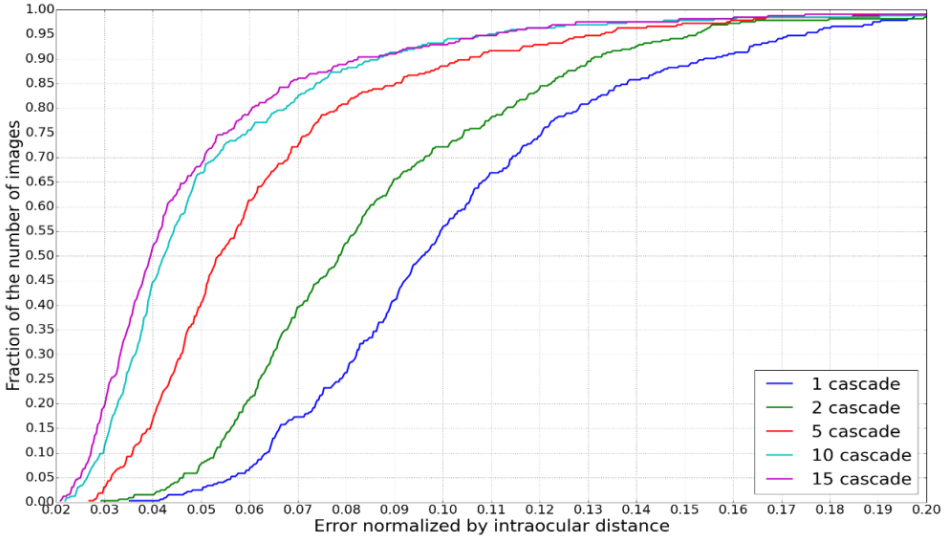


Рис. 1. CER для 68-миточек в зависимости от количества каскадов в регрессоре

На рис. 1 представлены графики совокупного коэффициента ошибки (Cumulative Error Rate, CER) для 68-ми точек в зависимости от количества каскадов в регрессоре. По графику видно, что прирост уменьшения ошибки идет, не линейно и уменьшается с каждым новым каскадом. Также стоит отметить, что функция CER для всех групп точек увеличивается прирост в основании, что свидетельствует об уменьшении отклонения во время разметки. Дальнейшее увеличение количества каскадов не эффективно, так как снижение скорости работы и размер модели алгоритма детектирования характеристических точек растет линейно, а эти параметры являются одними из ключевых.

На рис. 2 представлены графики CER по трем метрикам сравнения для базы 300-VW. На каждом из графиков представлены функции совокупного коэффициента ошибки по результатам, полученным на четырех группах базы. Наблюдается общий для всех экспериментов тренд – снижение ошибки и уменьшение отклонения с уменьшением количества определяемых точек. Это подтверждает и средние ошибки.

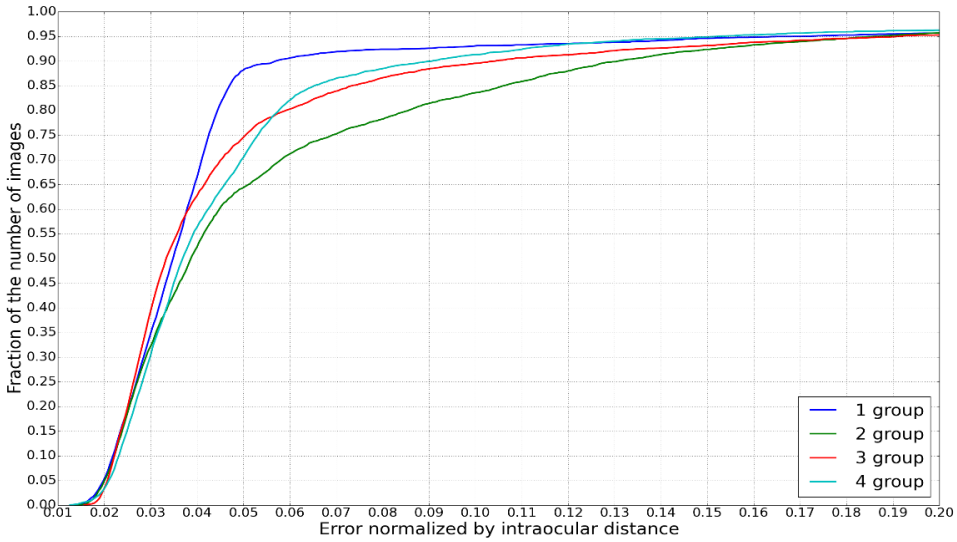


Рис. 2. CER для 68-ми точек на базе 300-VW

Неожиданным результатом являются полученные результаты на 2-ой группе тестовой базы. Получение ошибки разметки от классификатора на этой выборке и ошибка выше, чем в остальных наборах. Изначально предполагалось, что 2-ая группа содержит минимальные отклонения от целевого сценария. Данную выборку от других отличает высокая мимическая окраска лица диктора. Так как такое поведение диктора быстро изменяет пропорции между характеристическими точками, отношение окна детектора лиц перестает соответствовать фактическому отношению этих пропорций. Введенные ограничения на отношения сторон необходимы для предотвращения «схлопывания» окна сканирования в случаях, когда лицо диктора расположено не фронтально, а с отклонением по горизонтали или по вертикали.

Для каждого этапа алгоритма отслеживания характеристических точек лица был сделан оптимальный выбор, исходя из быстродействия, точности работы и сложности реализации. Также был предложен метод оценки качества разметки на текущем кадре.

Был проведен ряд численных экспериментов, и получены следующие результаты:

– алгоритм отслеживания характеристических точек лица работает с погрешностью 5% для 68-ми. Это средние показатели для современных алгоритмов детектирования характеристических точек лица [5], но, учитывая потребляемые ресурсы и быстродействие, такое сочетание является оптимальным в рамках поставленной задачи;

– работа алгоритма в режиме отслеживания на лицах всех типов рас приблизительно одинаковая и отличается от покадрового режима на 2–3%.

Алгоритм оценки качества разметки выдает отрицательный результат на 5–6% кадров на видео с перекрытиями и с повернутым положением лица в кадре, а для видео с сильной мимической выразительностью отрицательные срабатывания составили 13,4%.

Литература

1. Garcia C., Delakis M. Convolutional face finder: A neural architecture for fast and robust face detection // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2004. – V. 26. – № 11. – P. 1408–1423.
2. Wang N. et al. Facial feature point detection: A comprehensive survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1410.1037.pdf, своб.
3. Lienhart R., Maydt J. An extended set of haar-like features for rapid object detection // IEEE. – 2002. – V. 1. – P. I-I.
4. Ren S. et al. Face alignment at 3000 fps via regressing local binary features // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2014. – P. 1685–1692.
5. Sagonas C. et al. 300 faces in-the-wild challenge: Database and results // Image and Vision Computing. – 2016. – V. 47. – P. 3–18.



Верхоляк Оксана Владимировна
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем, группа № М4220
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: overkholyak@gmail.com

УДК 004.934.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ В РУССКОЙ РЕЧИ

Верхоляк О.В.
Научный руководитель – д.т.н., доцент Карпов А.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 616029 «Разработка и исследование методов и алгоритмов распознавания эмоционального и психофизического состояния человека по многомодальным данным».

Введение. Применение техник машинного обучения к эмоциям является непростой задачей; это объясняется тем, что природа эмоциональных состояний, настолько многогранна и эфемерна, что создание точной и полной модели не представляется возможным. Несмотря на это в последние годы интерес к данной области стремительно набирает обороты, и она становится особенно актуальной в виду быстрого развития информационных технологий и искусственного интеллекта. Однако, несмотря на значительный интерес со стороны многих ученых, проявляемый к данной области, многие вопросы, связанные с построением систем автоматического распознавания эмоций, до сих пор остаются нерешенными [1].

Основные работы в рамках автоматического распознавания эмоций направлены на создание баз данных эмоциональной речи, извлечение акустических признаков, поиск новых информативных признаков и их представлений, уменьшение пространства рассматриваемых признаков, оптимизацию алгоритмов классификации, а также комбинирование речи с другими модальностями, такими, как изображения лиц и жестов, электроэнцефалограммы и т.д. [2]. Значительные трудности, препятствующие успешной разработке, заключаются в небольшом объеме доступных баз данных, сложности их разметки, неоднозначности информативных признаков, а также отсутствии установленных стандартов, препятствующих сравнению результатов, полученных разными авторами. Преодоление вышеперечисленных факторов будет означать качественно новый переход к более эффективным системам распознавания [3].

Автоматическое детектирование эмоций по голосу имеет много применений. Практический интерес представляет мониторинг эмоционального состояния и оценка усталости пилотов и космонавтов, а также работников в экстремальных условиях, медицинских пациентов, сотрудников call-центров и т.д. Эмоционально отзывчивые технологии позволят продвинуть интерактивные сервисы в области развлечения и обслуживания, а также внести свой вклад в развитие искусственного интеллекта в целом.

Корпус эмоциональной русской речи RUSLANA. Эксперименты проводились на базе данных русской эмоциональной речи RUSLANA [4] – это аудио корпус, содержащий высказывания 61 диктора (12 мужчин и 49 женщин) в возрасте от 16 до 28 лет, носителей русского языка как родного. Все дикторы являлись студентами СПбГУ. 51 диктор родился либо вырос в Санкт-Петербурге, остальные студенты приехали из других регионов, но на момент создания корпуса проживали в Петербург как минимум три года.

Дикторы произносили 10 фонетически сбалансированных предложений, которые содержат все фонемы и самые распространенные комбинации согласных букв русского языка. Предложения также представляют 10 различных синтаксических типов, которые соответствуют 10 интонационным контурам по классификации Брызгуновой. Дикторам предлагалось произнести выше перечисленные предложения с шестью разными эмоциональными оттенками: нейтральное состояние (N – neutral); удивление (S – surprise); счастье (H – happiness); злость (A – anger); грусть (D – sadness); страх (F – fear). Таким образом, база данных содержит в общей сложности 61×10×6=3660 высказываний.

Акустические признаки openSMILE. При извлечении просодических признаков широко используется инструментарий openSMILE [5], который содержит разные конфигурационные файлы, позволяющие адаптировать набор используемых признаков под конкретную задачу. В рамках данной работы рассматривались следующие конфигурационные файлы:

- INTERSPEECH 2009 Emotion challenge;
- INTERSPEECH 2010 Paralinguistic challenge;
- INTERSPEECH 2011 Speaker State challenge;
- INTERSPEECH 2013 ComParE.

В конфигурационный файл признаков INTERSPEECH-2009 входят 16 LLD признаков, для каждого из которых были вычислены дельта коэффициенты. Дополнительно были применены 12 функционалов. Таким образом, общая размерность вектора признаков составляет 16×2×12=384 элемента.

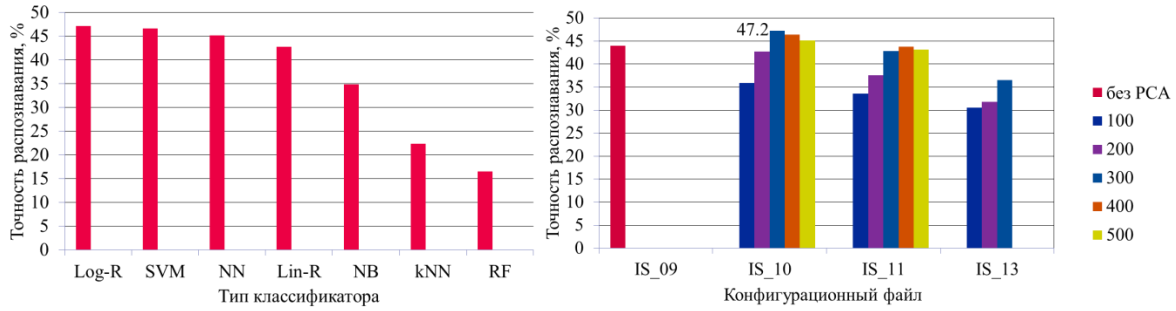
Конфигурационный файл INTERSPEECH-2010 в общей сложности содержит 1582 акустических признака. 38 LLD признаков извлекались из аудиосигналов с частотой 100 фреймов в секунду с окнами различного типа и длины.

Описание экспериментов. Сравнительный анализ предполагает извлечение различных наборов признаков из аудиофайлов, применение к ним метода главных компонент с целью уменьшения количества используемых признаков и последующую классификацию с использованием различных методов распознавания.

Входные данные подавались в виде признаков openSMILE в формате .csv. Для каждой конфигурации признаков (кроме конфигурации INTERSPEECH-2009, которая не участвовала в анализе главных компонент).

Для придания системе дикторонезависимых качеств использовался метод кросс-валидации с разбиением по дикторам т.е. поочередно обучение проводилось на данных 60-ти дикторов, а тестирование результатов на данных последнего диктора, не участвующего в обучении модели. После прогона процесса обучения полученные результаты усреднялись для получения общей оценки точности классификации.

Результаты экспериментов. По результатам экспериментов были получены значения точности распознавания, представленные в виде диаграммы (рисунок, а).



а б

Рисунок. Сравнение эффективности различных типов классификаторов (а); точность распознавания методом логистической регрессия (б)

Наибольшую эффективность показала логистическая регрессия, значения точности распознавания для метода которой приведены ниже в зависимости от количества главных компонент и конфигурации признаков (рисунок, б).

Наиболее эффективным набором признаков применительно к данной задаче оказался набор INTERSPEECH-2010. Также экспериментально было выявлено, что применение метода главных компонент положительно влияет на результаты классификации, при этом оптимальным количеством извлекаемых главных компонент является 300–400 компонент. Схожая тенденция наблюдается и при использовании остальных методов классификации.

Заключение. Был проведен сравнительный анализ методов автоматической классификации эмоций по речевому сигналу на основе базы данных русской эмоциональной речи RUSLANA, в ходе, которого было установлено базовое значение точности распознавания для работы в будущем. Анализ результатов показал, что метод опорных векторов, логистическая регрессия и нейронные сети являются наиболее эффективными методами, применимыми к данной задаче. Выяснилось, что при определении точности распознавания важное значение имеют качество и количество используемых признаков, поэтому использование методов поиска признаков и уменьшения их пространства является важным этапом разработки системы.

Литература

1. El Ayadi M., Kamel M.S. and Karray F. Survey on speech emotion recognition: Features, classification schemes, and databases // Pattern Recognition. – 2011. – V. 44(3). – P. 572–587.

2. Карпов А.А., Кайа Х., Салах А.А. Актуальные задачи и достижения систем паралингвистического анализа речи // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – № 16(4). – С. 581–592.
3. Симончик К.К. и др. Разработка программно-аппаратного комплекса для оценки психофизиологического (психоэмоционального) состояния диктора…: отчет о выполнении СЧ НИР (промежуточ.) / рук. Добротворский А.С.; исполн.: Симончик К.К., Матвеев Ю.Н., Пеховский Т.С. и др. – СПб., 2013. – С. 210–234.
4. Makarova V., Petrushin V.A. RUSLANA: a database of Russian emotional utterances // Proc. Int. Conf. Spoken Language Processing. – 2002. – P. 2041–2044.
5. Eyben F., Wöllmer, M., Schuller, B. openSMILE – The Munich Versatile and Fast Open-Source Audio Feature Extractor // Proc. ACM Multimedia. – 2010. – P. 1459–1462.



Грибанов Павел Сергеевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: pavelgribanov@mail.ru

УДК 681.516.32

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С НЕЖЕСТКИМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОСЯМИ

Грибанов П.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Денисова А.В.

При разработке следящих приводов для оптико-механических систем приходится сталкиваться с влиянием сложной структуры объекта управления, который обычно представляет собой электромеханический преобразователь с многомассовой механической нагрузкой, чаще всего представляемой на этапе разработки системы управления двухмассовой моделью. Наличие упругих связей в механической нагрузке снижает качество регулирования, так как вынуждает сокращать полосу пропускания системы управления для удаления из нее резонансных частот. Одним из способов повышения точностных характеристик таких систем является введение обратных связей по координатам вектора состояния конечной части рабочего механизма [1]. Как правило, при этом устанавливаются датчики скорости или положения. Однако, на практике это не всегда возможно из-за конструктивных ограничений. В то же время датчики ускорения обладают более широкими возможностями для установки. Таким образом, **целью работы** является разработка системы управления синхронным двигателем с двухмассовой механической нагрузкой, использующая сигнал датчика ускорения второй массы механизма.

Параметры составляющих объекта управления, используемые в данной работе, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры объекта управления

Параметр	Обозначение	Значение
Параметры инвертора напряжения		
Период коммутации ключей	T_k	0,1 мс
Напряжение в звене постоянного тока	U_{dc}	48В
Параметры синхронного двигателя		
Постоянная по моменту	C_M	5,37 Н·м/А
Постоянная по противо-ЭДС	C_E	3,38В·с/рад
Электромагнитная постоянная времени	T_e	8 мс
Активное сопротивление фазной обмотки	R	0,6 Ом
Число пар полюсов		24
Параметры механической нагрузки		
Суммарный момент инерции	J_Σ	3,47 кг·м^2
Коэффициент соотношения масс	γ	12,54
Частота собственных колебаний	Ω_0	245 рад/с

Для синтеза системы управления необходима математическая модель объекта управления, которая может быть получена путем объединения математических моделей его составных частей. В результате получим:

$$\begin{cases} T_k \dfrac{du_0}{dt} = U_{dc} u_{\text{упр}} - u_0 \\ T_e \dfrac{di_0}{dt} = \dfrac{1}{R} u_0 - \dfrac{C_E}{R} \omega_1 - i_0 \\ J_1 \dfrac{d\omega_1}{dt} = C_M i_0 - M_{C1} - M_{12} \\ \dfrac{dM_{12}}{dt} = c_{12} \left(\omega_1 - \omega_2 \right) \\ J_2 \dfrac{d\omega_2}{dt} = M_{12} - M_{C2} \\ \dfrac{d\alpha_1}{dt} = \omega_1 \\ \dfrac{d\alpha_2}{dt} = \omega_2, \end{cases} \quad (1)$$

где u_0, i_0 – модули обобщенных векторов напряжения и тока; ω_i, α_i, M_{Ci} – скорость, угол поворота и момент сопротивления i-ой массы механизма; M_{12}, c_{12} – момент и жесткость упругой связи.

В рамках данной работы синтез системы управления ведется по пути модификации четырехконтурной системы подчиненного регулирования положения. В такой системе управления внутренний контур регулирования замыкается по сигналу обратной связи датчиков тока и настраивается на технический оптимум с постоянной времени равной T_k. Далее следуют два контура регулирования скорости, настраиваемые на технический оптимум с постоянными времени T_c и $2T_c$ соответственно, где величина T_c определяется согласно выражению [2]:

$$T_c = \frac{\sqrt[4]{\gamma^3}}{2\Omega_0}. \quad (2)$$

Внешний контур регулирования положения настраивается на симметричный оптимум с постоянной времени $4T_c$.

Наиболее простым способом использования сигнала с датчика ускорения второй массы механизма β_2 является формирование комбинированных обратных связей, т.е. обратных связей, представляющих собой взвешенную сумму двух и более сигналов. В данном случае такие обратные связи формируются по току и скорости (4). При этом для сохранения настроек регуляторов необходимо обеспечивать равной единице сумму весовых коэффициентов *w* для каждой обратной связи.

$$i_{\text{ос}} = w_{i1} i_0 + w_{i2} \frac{J_2}{C_M} \beta_2, \tag{3}$$

$$\omega_{\text{ос}} = w_{\omega 1} \omega_1 + w_{\omega 2} \omega_2. \tag{4}$$

Здесь скорость вращения первой массы механизма определяется путем вычисления первой разности показаний установленного на ней датчика положения, а второй массы – путем интегрирования β_2. Весовые коэффициенты при этом определяются эмпирически, что приводит к повышению трудоемкости настройки системы управления.

Полученное с помощью интегрирования β_2 значение скорости вращения второй массы возможно использовать для формирования контура регулирования этой величины. При этом настройка внешнего контура регулирования скорости на технический оптимум с постоянной времени T_c требует использования регулятора (5). С целью упрощения структуры регулятора и устранения колебаний в переходных режимах было принято решение аппроксимировать данный регулятор ПИД-регулятором [3].

$$W_{PC2}(p) = \frac{(2T_c p + 1)\left(\frac{J_2}{c_{12}} p^2 + 1\right)}{2T_c p (T_c p + 1)} \to K_{\text{П}} + \frac{K_{\text{И}}}{p} + K_{\text{Д}} p. \tag{5}$$

За счет уменьшения постоянной времени внешнего контура регулирования скорости данная система управления будет иметь большую полосу пропускания по сравнению с исходной системой (рисунок), что также позволит лучше реагировать на возмущающие воздействия.

С помощью информации об ускорении второй массы механической нагрузки также возможно оценить величину возмущающих воздействий, представляющих собой моменты сопротивления M_{C1} и M_{C2}, и скомпенсировать их путем введения дополнительной составляющей $i_{0\text{доп}}$ в сигнал задания, поступающий в контур регулирования тока.

Для определения величины $i_{0\text{доп}}$, необходимой для компенсации действующего на первую массу момента сопротивления, примем величину M_{C2} равной нулю. При этом получим:

$$i_{0\text{доп}}(p) = i_0(p) - \beta_2(p) \frac{J_\Sigma}{C_M} \left(\frac{1}{\Omega_0^2} p^2 + 1 \right). \tag{6}$$

Произведя аналогичные действия для определения величины $i_{0\text{доп}}$, необходимой для компенсации M_{C2}, получим выражение равное (6). Таким образом, с помощью данного метода компенсации моментов сопротивления возможно уменьшать ошибки регулирования положения, обусловленные воздействием суммарного момента $M_{C\Sigma} = M_{C1} + M_{C2} = C_M i_{0\text{доп}}$.

С учетом характера M_{C1}, включающего трение в подшипниках, пульсации зубцового момента двигателя и т.д., этот момент сопротивления возможно оценить с помощью аналитических зависимостей от угла поворота двигателя или других измеряемых величин [4], выделив таким образом M_{C2} из $M_{C\Sigma}$. В таком случае станет возможно оценить угол скручивания вала δ и скомпенсировать его путем добавления дополнительной составляющей в сигнал задания положения:

$$\alpha_{\text{доп}} = \delta = \frac{1}{c_{12}}\left(J_2\beta_2 + M_{C2}\right) = \frac{1}{c_{12}}\left(J_2\beta_2 + C_M i_{0\text{доп}} - M^*_{C1}\right), \qquad (7)$$

где M^*_{C1} – оценка величины момента сопротивления M_{C1}.

Таким образом, данный метод компенсации моментов сопротивления позволяет существенно снизить влияние M_{C1} на точность регулирования и достичь астатизма первого порядка по M_{C2} (рисунок). Также следует отметить возможность его применения совместно с любыми системами подчиненного регулирования положения, имеющими в своем составе контур регулирования тока.

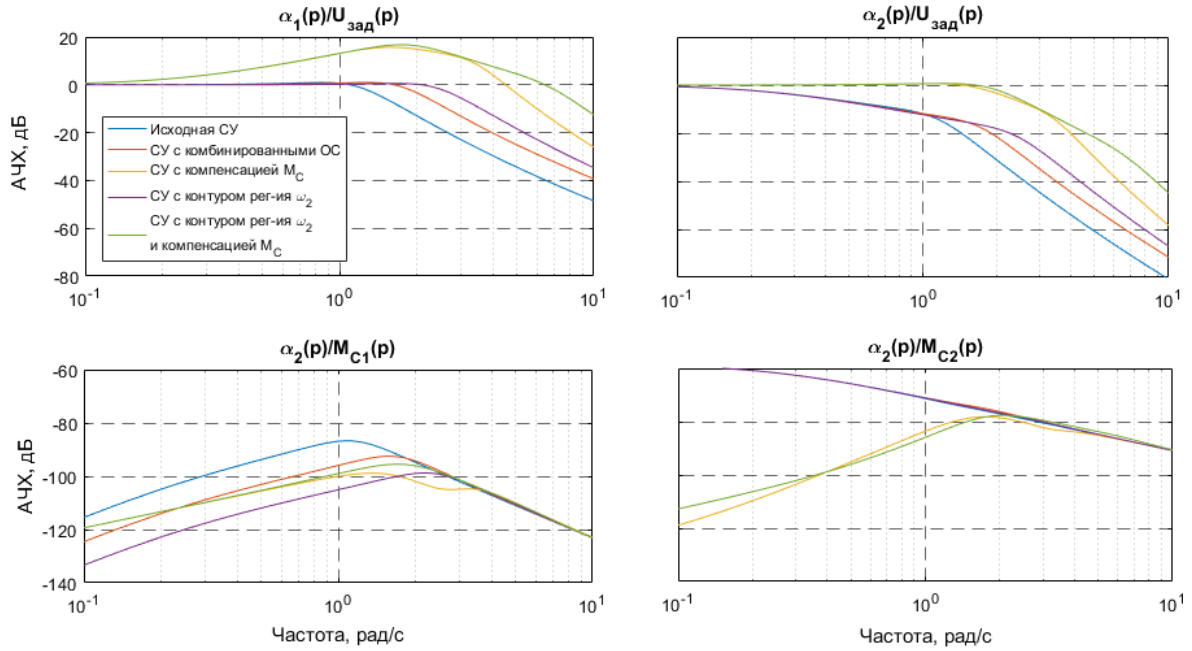


Рисунок. АЧХ передаточных функций рассматриваемых систем управления по задающему ($U_{зад}$) и возмущающим (M_{C1} и M_{C2}) воздействиям

Для проверки полученных результатов была разработана модель следящего электропривода в пакете математического моделирования MATLAB/Simulink.

Моделирование производилось при следующих условиях:

– период дискретизации контура регулирования тока 0,1 мс, а остальных контуров – 1 мс;
– разрешающая способность датчика положения первой массы – 0°0′0,205″, а датчиков тока – 0,18 мА;
– линейно изменяющийся сигнал задания, соответствующий слежению с постоянной скоростью 1°/с;
– момент сопротивления действующий на первую массу механизма включает «сухое трение» 2 Н·м, а также момент зубцовых пульсаций двигателя

$$M_{\text{зуб}}\left(\alpha_1\right) = 2{,}23\sin\left(72\alpha_1 - 90{,}7°\right) + 0{,}57\left(144\alpha_1 - 61{,}2°\right);$$

– момент сопротивления действующий на вторую массу механизма включает «сухое трение» 2 Н·м, а также ветровой момент, представляющий собой изменяющуюся в пределах ±12 Н·м случайную величину.

Таблица 2. Ошибка по положения второй массы для рассмотренных систем управления

Система управления	$M_{C1}\neq0$, $M_{C2}=0$		$M_{C1}\neq0$, $M_{C2}\neq0$	
	СКО [″]	сред. [″]	СКО [″]	сред. [″]
Исходная система управления	2,33	0	63,84	12,40
Система управления с комбинированными обратными связями	0,70	0	29,09	12,23
Система управления с компенсацией моментов сопротивления	0,06	0	17,31	0,03
Система управления с контуром регулирования ω_2	0,30	0	31,46	12,24
Система управления с контуром регулирования ω_2 и компенсацией моментов сопротивления	0,08	0	6,71	–0,03

По результатам моделирования, приведенным в табл. 2, можно сделать вывод о том, что все рассматриваемые модификации четырехконтурной системы подчиненного регулирования положения позволяют улучшить ее точностные характеристики в данных режимах работы. Так, система управления с контуром регулирования скорости второй массы и компенсацией моментов сопротивления позволяет снизить среднеквадратическое отклонение ошибки по положению второй массы более чем в 9 раз относительно исходной системы управления, а также снижает ее среднее значение практически до нуля.

На основании результатов данной работы можно сделать вывод о целесообразности дальнейшего исследования использования датчика ускорения второй массы механизма для повышения точностных характеристик систем следящего электропривода с нежесткими исполнительными осями.

Литература

1. Абдуллин А.А., Толмачев В.А. Система управления следящего электропривода с нежесткой исполнительной осью // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 1. – С. 41–46.
2. Толмачев В.А. Синтез следящего электропривода оси опорно-поворотного устройства // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – № 6. – С. 68–72.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
4. Томасов В.С., Ловлин С.Ю., Егоров А.В. Алгоритмы компенсации пульсаций момента прецизионного электропривода на базе синхронной машины с постоянными магнитами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2. – С. 77–83.



Егоров Сергей Владимирович
Год рождения: 1992
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4280
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: artemismaloy@gmail.com

УДК 664.8.035.19

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДА

Егоров С.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Яблочников Е.И.

Данная работа посвящена разработке модульных технологических ячеек хранения сельскохозяйственной продукции, которые призваны не только улучшить технологию хранения в регулируемой газовой среды, но и реализовать концепцию оптового распределительного центра на базе сельскохозяйственного потребительского кооператива [1]. В связи с последними трендами развития экономики Российской Федерации, нацеленными на развитие сельского хозяйства, было принято решение заняться анализом проблем именно в данном секторе экономики. Как показал анализ научных работ, статей и государственных статистических отчетов, в нашей стране нет серьезных проблем с выращиванием самой востребованной сельскохозяйственной продукции, но существует проблема хранения и перераспределения. Зачастую, чтобы обеспечить стабильность своего сельского хозяйства, производители продукции вынуждены заниматься логистическими проблемами и дополнительно инвестировать в развитие и этой отрасли, которое заключается в постройках овощехранилищ, линий мойки продукции, сортировки и упаковки, чтобы продлить срок хранения продукции. Без этих дополнительных усилий аграрии теряли до 40% продукции [2]. И тенденции этого рынка указывают, что ремонт старых и строительство новых хранилищ только продолжит расти, и новые разработки в области хранения крайне востребованы. В частности только в Волгоградской области были приняты целевые программы по развитию логистических центров, и ожидаются инвестиции, только бюджетных средств, в размере 230 млн. руб., а вместе с частным бизнесом порядка 1,3 млрд. руб. Хранение растительного сырья – это комплексная и нетривиальная задача ввиду различных требований и различных факторов, влияющих на сохранность сельскохозяйственной продукции, которые зависят от вида этой продукции. Один из важных факторов и особенностей хранения именно сельскохозяйственной продукции – это содержание в них воды, которое достигает 80–90% [3]. Эта особенность сказывается на активности химических реакций, а, следовательно, на процессы жизнедеятельности продуктов, что ведет к их скорому увяданию и разложению. На данный момент существует множество различных решений и технологий продления срока хранения сельскохозяйственной продукции от консервации и заморозки до радиационной обработки. Отметим, что консервация добавляет в продукт дополнительные вещества, которые неоднозначно сказываются на нем, заморозка довольно дорогостоящая технология и приводит к разрушению

молекулярной целостности продукта, как на этапе строительства такого склада, так в последующей эксплуатации. Радиационная обработка может считаться достаточно универсальным способом продления сроков хранения сельскохозяйственной продукции, но требует повышенных требований к безопасности и достаточно дорога. А технология, которая была выбрана за основу для разработки нового изделия, – это хранение сельскохозяйственной продукции в регулируемой газовой среде (РГС). В виду интенсивно развивающихся IT-технологий и все большей оцифровки окружающего мира при разработке нового изделия необходимо учитывать данный факт. Но данные технологии не столько обязывают нас придерживаться их требований, сколько помогают нам и берут на себя большую часть проблем, связанных с управлением сложных систем и большим потоком данных. Как основная технология решения проблем управления была выбрана технология мультиагентных систем и технология интернета вещей. А значит, разрабатываемая ячейка должна иметь возможность интеграции в мультиагентную систему и придерживаться ее принципов [4].

Сельскохозяйственные продукты после их сбора не погибают, а продолжают жить. В них сохраняются разнообразные процессы жизнедеятельности – биоз, в частности дыхание продуктов, которое заключается в том, что продукты продолжают поглощать кислород из окружающей их атмосферы и выделять углекислый газ. Таким образом, сели положить в герметичное помещение с заданным соотношением газов сельскохозяйственную продукцию, то с течением времени соотношение начет меняться. Стоит пояснить, что для снижения активности жизнедеятельности организмов и достижения анабиоза, технология РГС уменьшает количество кислорода в среде до величин ниже 8% и повышает уровень углекислого газа до величины около 1%. И так как концентрация кислорода в атмосфере, при применении данной технологии, остается сравнительно не так много, то его дальнейшее уменьшение негативно сказывается на сохранности сельскохозяйственной продукции. Поэтому соотношение газов в среде необходимо постоянно контролировать и регулировать. Но тем не менее данная технология доказала свою эффективность. Например, исследования установили, что РГС способствовала сохранению товарного и пищевого качества капусты. Выход сельскохозяйственной продукции составил 90,4–94,8%, в то время как в контрольном хранилище 75,7%, при обычной атмосфере. Убыль массы капусты за 7 месяцев хранения в РГС не превышала 1,4–2,1%, тогда как в контрольном хранилище составляла 10,6–13,1% [5]. Данная технология имеет рад как положительных, так и отрицательных факторов.

Положительные факторы РГС:

- замедляет старение (в том числе, созревание) и связанные с ним биохимические и физиологические изменения в сельскохозяйственном продукте;
- снижение чувствительности к действию этилена при низкой контролируемой концентрации O_2 и/или концентрации CO_2;
- наличие РГС может оказать прямое или косвенное воздействие на послеуборочных патогенов (бактерий и грибков) и, следовательно, спад заболеваемости плодов;
- низкий уровень O_2, а также выходящий из нормируемых показаний концентрации CO_2 может быть полезным инструментом для борьбы с насекомыми.

Отрицательные факторы РГС:

- повышенная восприимчивость к гниению при слишком низкой или слишком высокой концентрации O_2 или CO_2 соответственно;
- появление посторонних привкусов и запахов при очень низких концентрациях O_2 в результате анаэробного процесса;

– неравномерное созревание плодов может возникнуть в результате неконтролируемого воздействия O_2 концентрацией ниже 2% и/или концентрацией CO_2 выше 5% в течение >1 мес.

Отрицательные факторы связаны с традиционным применением данной технологии, которое заключается в создании газовой среды в помещении большого объема, что делает невозможным точно контролировать и оперативно регулировать состав газовой смеси.

Маркетинговое исследование и анализ технологии РГС породил ряд технических требований к новому изделию:

– ячейка должна быть способна встраиваться в автоматизированные складские системы, и быть совместимой с существующими складскими помещениями;
– ячейка должна быть модульной, чтобы удовлетворять потребности конкретного заказчика;
– каждая ячейка должна функционировать независимо от других, чтобы была возможность хранить разные виды сельскохозяйственной продукции в рамках одного хранилища;
– ячейка должна быть сравнительно небольшого объема, для точного и оперативного контроля газовой среды;
– ячейка должна иметь простую и надежную конструкцию;
– ячейка должна уметь сигнализировать о возможном начале процесса гниения для оперативного реагирования на этот процесс;
– ячейка должна поддерживать оперативный доступ к хранимому в ней продукту;
– ячейка должна иметь возможность встраивания в мультиагентную систему.

Основой для начала проектирования модульной технологической ячейки была выбрана технология интернета вещей и объектно-ориентированная эталонная модель рис. 1, согласно ИСО/МЭК 30141.

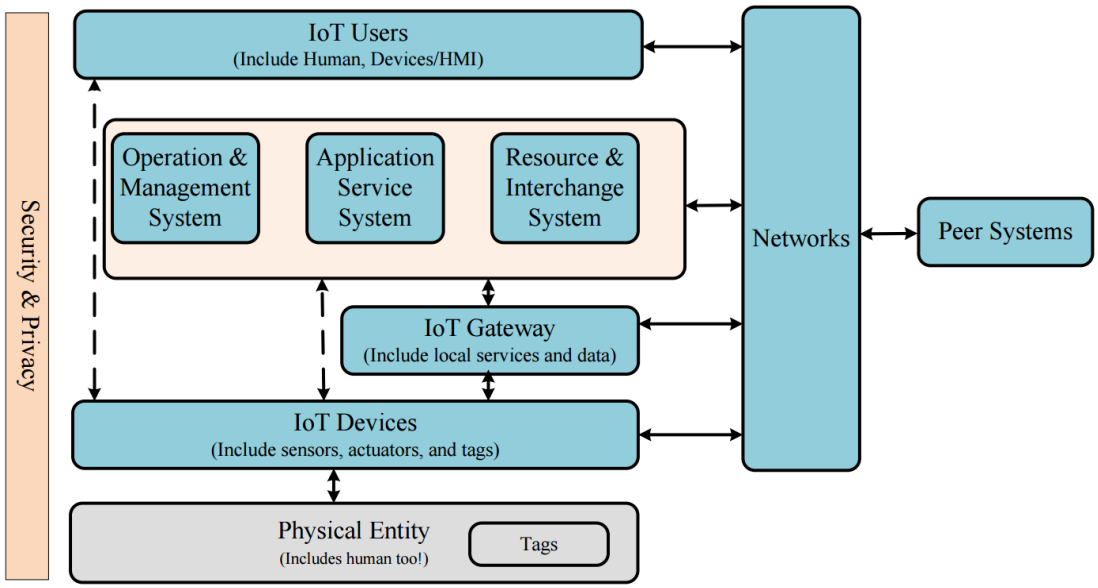
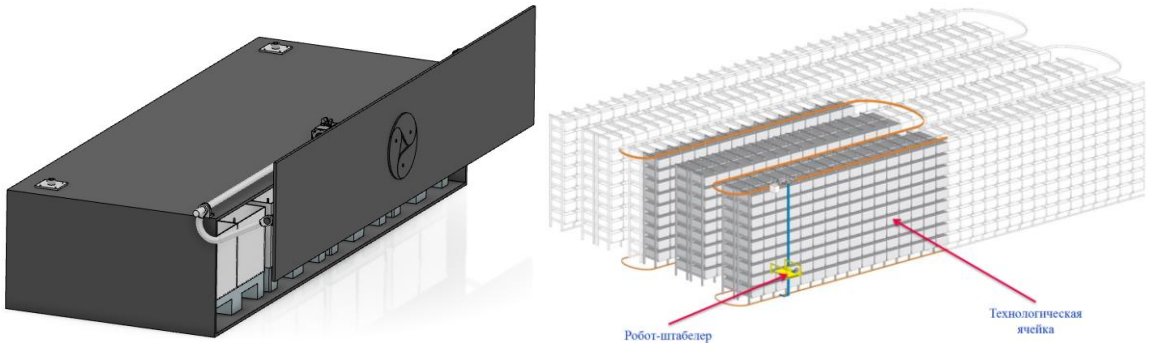


Рис. 1. Объектно-ориентированная эталонная модель

Разработанная модульная технологическая ячейка имеет три модуля: корпус, привод открытия (закрытия) и систему создания и контроля газовой среды, включающая в себя набор датчиков, клапана и программируемый логический контроллер. Такой модульный подход позволяет изменять размеры ячейки согласно требованиям заказчика без сильного удорожания самой ячейки. 3D-макет модульной

технологической ячейки отображен на рис. 2, а, а на рис. 2, б наглядно изображена возможность по масштабированию автоматизированного склада.



а б

Рис. 2. 3D-макет модульной технологической ячейки (а); масштабирование автоматизированного склада (б)

Модульная технологическая ячейка создавалась с учетом накопленного опыта использования технологии РГС и попыткой преодолеть наиболее известные ее недостатки такие как: неравномерность создание и скорость контролирования газовой среды, оперативность загрузки и выгрузки продуктов, необходимость постройки специальных герметичных помещений. В связи с этим отметим ряд новшеств, которые привнесет реализация данного технологического оборудования:

– возможность хранения различных продуктов, требующих разные условия хранения, в одном хранилище;
– минимизация габаритов технологической ячейки позволяет более точно и быстро регулировать условия хранения сельскохозяйственной продукции, тем самым продлевая срок хранения;
– возможность совмещения разработанной технологической ячейки с уже существующими складскими помещениями;
– технологическая ячейка хранения обеспечивает более полный логистический контроль сельскохозяйственной продукции;
– технологическая ячейка может стать базисом для реализации концепции оптового распределительного центра.

Литература

1. Морозова М.П. Интегрированные распределительные центры как форма эффективного сбыта сельскохозяйственной продукции // Изв. УрГЭУ. – 2016. – № 4(66). – С. 117–125.
2. Рыкова И.Н., Смирнов М.А. Проблемы и перспективы развития в России оптово-распределительных центров для сбыта сельскохозяйственной продукции // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. – № 34. – С. 2–11.
3. Демченко С.В. Характеристика способов хранения сочного растительного сырья // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2005. – № 5-6. – С. 46–49.
4. Amro M. Farid Designing Multi-agent Systems for Resilient Engineering Systems // Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems 7th International Conference. – 2015. – P. 3–8.
5. Магомедов Р.К. Снижение потерь овощей от болезней при хранении в регулируемой газовой среде // Защита и карантин растений. – 2014. – № 10. – С. 21–23.



Караваева Анастасия Андреевна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра управления транспортными системами, группа № U4275
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: a.a.karavaeva@mail.ru

УДК 656.052.9

СОЗДАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Караваева А.А.
Научный руководитель – д.э.н., профессор Будрина Е.В.

В современном мире передовые технологии становятся все более востребованы при ведении бизнеса. Они позволяют предприятиям работать более продуктивно, сокращать время выполнения коммерческих и технологических операций, поддерживать высокий уровень обслуживания клиентов. Потребность в инновациях – новшествах, использование которых позволит качественно улучшить бизнес-процессы организации, – особенно ярко проявляется на рынках с высокой конкуренцией, к которым относится и рынок автотранспортных услуг. Одной из таких технологий является система спутникового мониторинга транспорта, которая основана на глобальной системе позиционирования GPS и ее российском аналоге – Глобальной навигационной спутниковой системе (ГЛОНАСС) [1].

Информация, получаемая при помощи систем спутникового мониторинга транспорта, должна быть представлена в простом и лаконичном виде, чтобы пользователь мог ее быстро понять и проанализировать. Форма представления играет ключевую роль в усвоении информации, поэтому создание системы моделей визуального отображения данных позволит повысить эффективность ее использования, и повлиять на качество принимаемых управленческих решений на предприятии.

Система спутникового мониторинга транспорта представляет собой программно-аппаратный комплекс для контроля и учета работы транспорта, в который входят модуль мониторинга, датчики контроля, серверная часть, автоматизированные рабочие места пользователя, сервис программной интеграции и коммуникации.

На сегодняшний день результаты от использования систем спутникового мониторинга не систематизированы и носят обрывочный характер. Производители систем указывают наиболее важную с их точки зрения информацию, зачастую ограничиваясь лишь попытками оценить экономические эффекты, такие как рост доходов и сокращение расходов транспортного предприятия, однако, существуют и другие возможности от внедрения систем спутникового мониторинга транспорта. Изучив данные сайтов производителей, автором разработана классификация эффектов от использования систем спутникового мониторинга транспорта, которые, подразделяем на аллокативные (характеризуют эффективность распределения и экономии использования ресурсов предприятия), адаптивные (отражают способность предприятия приспосабливаться к изменению его внешней и внутренней среды) и

социальные (характеризуют взаимоотношения с другими участниками рынка и социумом). Эффекты от внедрения систем спутникового мониторинга транспорта могут носить как положительный, так и отрицательный характер. Причинами этого могут стать некорректный выбор системы и ее функционального состава, недостаточная организационная зрелость предприятия для внедрения системы, недостаточная обеспеченность квалифицированными трудовыми ресурсами, сопротивление персонала нововведениям и т.д.

Анализ данных, получаемых при помощи систем спутникового мониторинга транспорта, должен быть всесторонним и качественным, поскольку на основании получаемой информации принимаются управленческие решения. Особенность деятельности транспортных предприятий заключается в том, что часть сотрудников работают за пределами предприятия, что осложняет контроль за их действиями. Руководителю необходимо знать о способе эксплуатации водителями транспортных средств, соблюдении ими правил дорожного движения, несанкционированных отклонениях от маршрута и возникающих критических ситуациях, поэтому на автомобили устанавливают системы мониторинга, позволяющие удаленно осуществлять контроль за подчиненными.

Чем больше показателей отслеживает система, тем больше объем получаемых телеметрических данных, которые необходимо анализировать. Человек не может справиться с таким количеством информации, поэтому аналитическую роль выполняет компьютер. Поскольку предоставляемая информация должна быть понятна пользователю, создатели программного обеспечения, которое генерирует отчеты систем мониторинга, все чаще стараются использовать не табличные, а визуальные способы подачи данных. Поэтому мы считаем, что создание информативных визуальных способов отображения сложных телеметрических данных станет для производителя системы спутникового мониторинга транспорта важным конкурентным преимуществом, отличающим его на рынке.

Таким образом, визуализация данных для повышения эффективности принятия управленческих решений – это наглядное графическое представление качественной и количественной информации о показателях деятельности сотрудников предприятия, создаваемое посредством инструментов визуализации профессионального назначения.

Проектная часть работы посвящена проектированию интерфейса системы визуальных моделей, реализуемой в виде дашборда – инструмента визуализации бизнес-показателей, позволяющего быстро получить представление о действиях сотрудника, подразделения или предприятия в целом, – разработке графических элементов и взаимодействия с ними. В основе данных для дашборда – система показателей «Безопасное вождение» ГК «СКАУТ» – одного из крупнейших игроков на отечественном рынке спутниковой навигации и телематики [2].

Мы основываемся на целеориентированном проектировании, которое базируется на целях конечного пользователя продукта. Этапы целеориентированного проектирования представлены на рисунке.

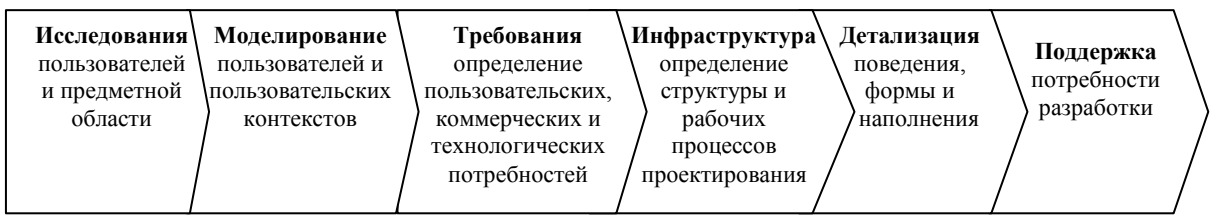


Рисунок. Процесс целеориентированного проектирования

Проектирование основывается на исследовании пользователей [3]. В рамках исследования был проведен опрос клиентов ГК «СКАУТ», основные результаты которого следующие:

- пользователи программного обеспечения систем спутникового мониторинга транспорта в рамках должностных обязанностей контролируют безопасность осуществления деятельности водителей, затраты на топливо, горюче-смазочные материалы и запчасти, режим труда и отдыха, а также принимают кадровые решения в отношении водителей;
- отчеты системы мониторинга и графики в Microsoft Excel являются основными средствами визуализации показателей работы водителей;
- стиль вождения играет важную роль в регулярной оценке результатов работы, как самих сотрудников, так и их руководителей;
- на основании данных о стиле вождения к водителю применяются стимулирующие меры по корректировке вождения или поддержанию его на высоком уровне.

Проанализировав данные исследования пользователей, мы создали модель персонажа и составили ясное представление о конечных пользователях и их целях. В результате выполнения первых трех этапов проектирования у нас появилось описание того, как продукт будет удовлетворять цели пользователей, представленное в форме сценариев использования, а также список требований, извлеченных из данных исследований, моделей пользователей и сценариев.

При создании инфраструктуры мы определили форм-фактор проектируемого продукта, т.е. то, как и при помощи какого оборудования дашборд будут использовать конечные пользователи. Решено, что дашборд – это часть существующего веб-сайта ГК «СКАУТ», которое можно просматривать с экрана компьютера. Вход на сайт возможен при вводе личного логина и пароля пользователя, после чего он получает доступ к данным своего подразделения. Проектируемый дашборд имеет монопольный стиль представления, поскольку предоставляет набор взаимосвязанных функций и возможностей, а пользователь будет непрерывно работать с ним, развернув окно на весь экран. Дашборд будет использоваться как основной инструмент работы пользователя, способом управления которого выступают клавиатура и мышь.

Определено, что дашборд будет состоять из нескольких основных экранов: групповой отчет деятельности водителей со списком всех водителей подразделения; индивидуальный отчет показателей вождения конкретного водителя; экран настройки дашборда. При построении визуального интерфейса дашборда были учтены следующие факторы:

- контекст (условия работы с продуктом). Планируется, что дашборд будет использоваться посредством настольного компьютера с достаточно большим монитором и верхним освещением, следовательно, возможно использование элементов разных размеров и цветов;
- форма. Для схематического изображения некоторых элементов используются контуры (например, позиция в группе – значок пьедестала, время нарушения – часы, ухудшение показателя – стрелка вниз, улучшение – вверх);
- размер. Существует прямо пропорциональная зависимость между размером объекта и его важностью;
- цвет. В дашборде, как и в отчетах системы мониторинга транспорта, используется несколько основных цветов количественных данных: черный – значение (оценка) показателя, зеленый – улучшение показателя, красный – ухудшение. Также присутствует градация значений показателей на три зоны: зеленая (показатель находится в пределах нормы), желтая (показатель ниже нормы) и красная (показатель значительно ниже нормы).

Для успешного использования дашборда необходимо, чтобы пользователь понимал последовательность своих действий и функционал продукта. Разработан алгоритм работы с дашбордом, который отражает возможности взаимодействий с ним. Пользователь может выбрать необходимые для него способы построения отчета и отображения данных, чтобы получить нужную для принятия решений информацию.

Чтобы обосновать целесообразность создания дашборда, необходимо описать возможные эффекты от его использования для конечного пользователя и транспортного предприятия. Использование дашборда как инструмента визуализации данных отчета системы мониторинга позволяет трансформировать способы взаимодействия с информацией, т.е. привести к изменениям во внутренних процессах предприятия. Следовательно, использование дашборда может напрямую привести к следующим эффектам, относящимся к категории адаптивных:

- увеличение скорости работы с информацией;
- сокращение действий, связанных с анализом больших массивов данных;
- увеличение скорости реагирования на внештатные ситуации;
- сокращение времени принятия управленческих решений;
- повышение качества принимаемых решений;
- повышение осведомленности руководства о выполнении трудовых обязанностей подчиненными.

Косвенно использование дашборда приведет к улучшению контроля за деятельностью водителей, повышению их дисциплины и эффективности работы, что позволит оптимизировать структуру расходов предприятия и в целом улучшить положение предприятия на рынке.

Инструмент визуализации отчетов системы спутникового мониторинга транспорта в виде дашборда может стать конкурентным преимуществом на рынке, отличающем ГК «СКАУТ» от конкурентов. В качестве ключевых особенностей дашборда от существующих решений можно отметить:

- возможность использовать дашборд вне рабочего места сотрудника, что допускает контролировать действия водителей без зависимости от стационарного компьютера;
- наглядность и систематизированное представление визуальной информации позволят пользователю быстро ее усвоить и проанализировать;
- гибкость персонализации и настроек интерфейса предоставят пользователю выбрать тот вариант отображения дашборда, который покажется ему наиболее привлекательным и информативным;
- возможность быстрого анализа состояния подразделения по различным критериям, таким как самостоятельно выбираемый временной период, пробег, динамика оценки вождения, с последующей возможностью более детального изучения данных в виде индивидуального отчета.

Таким образом, создание и внедрение дашборда, как простого, наглядного и мобильного инструмента контроля действий сотрудников автотранспортного предприятия, сможет привлечь новых клиентов и повысить лояльность существующих, и, следовательно, упрочить положение и увеличить долю рынка.

Литература

1. Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 641.
2. Группа компаний «СКАУТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scout-gps.ru/, своб.

3. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия / Пер. с англ. – СПб.: Символ'Плюс, 2016. – 312 с.



Кесарев Сергей Александрович
Год рождения: 1993
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра высокопроизводительных вычислений, группа № М4217с
Направление подготовки: 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: kesarevs@gmail.com

УДК 004.75

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СТОХАСТИЧЕСКИХ ГРАФАХ КРОНЕКЕРА

Кесарев С.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Боченина К.О.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 14-21-00137 «Суперкомпьютерное моделирование критических явлений в сложных социальных системах».

Введение. Аппарат комплексных сетей (КС) получил широкое распространение как средство описания и изучения широкого спектра естественных, искусственных и социально-технических систем. Современные сети (например, социальные сети в Интернете) настолько велики, что невозможен единомоментный сбор полных данных об их топологии. Чтобы преодолеть ограничения, вытекающие из недоступности полноразмерных образцов, используются различные генеративные модели КС. Так, стохастические графы Кронекера (СГК) [1] позволяют генерировать сеть, воспроизводя важные топологические свойства исходного образца, включая распределение степеней вершин и спектральные характеристики. Базовый алгоритм СГК [2] генерирует граф пореберно и имеет сложность $O(E)$ (где E – число ребер). Такой подход позволяет практически полностью параллельно генерировать СГК [2, 3], однако схема распределения сети по вычислительным процессам (ВП), реализуемая в ходе такой процедуры, непригодна для эффективного параллельного моделирования. Это связано с тем, что параллельная версия СГК не гарантирует того, что ребра, инцидентные заданной вершине, будут относиться к одному и тому же ВП.

В качестве альтернативы в данной работе предлагается использовать пуассоновские стохастические графы Кронекера (ПСГК), которые сохраняют структурные свойства СГК [4]. ПСГК позволяют определить для вершины с заданным индексом число исходящих из нее ребер, после чего найти вершины-приемники этих ребер. Благодаря этому становится возможной поддержка вершиноориентированной модели распределенного хранения сети.

Одна из проблем, традиционно решаемых для комплексных сетей, заключается в исследовании того, как структура сети влияет на динамику взаимодействий между вершинами. Хотя тип динамического процесса может меняться (например, эпидемии или распространение информации), основная схема моделирования остается той же – узлы действуют на своих соседей, изменяя их внутренние состояния. По мере роста размеров исследуемых сетей (так, число пользователей социальной сети Facebook приближается к 2 млрд. человек) возникает проблема параллельного моделирования

динамических процессов на графах. Появление данной проблемы обусловлено как временными ограничениями (необходимостью быстрого получения результатов моделирования), так и ограничениями памяти (невозможностью разместить всю сеть в пределах общей памяти одного вычислительного узла).

Таким образом, **целью**, поставленная в работе, является разработка модельно-алгоритмического и программного обеспечения масштабируемого параллельного моделирования динамических процессов на больших СГК.

Поскольку в системах с распределенной памятью пересылка сообщений может занимать значительное время, были реализованы три алгоритма, представляющих различные модели взаимодействия для обмена данными между подсетями. Обозначим эти алгоритмы как AA (All-to-All), MS (Master-Slave), и Ring (Кольцо).

1. Алгоритм All-to-All. Алгоритм 1 реализует обмен данными, используя прямое взаимодействие между подсетями. Предлагается использовать неблокирующий обмен данными для поддержки произвольного порядка обмена данными между разными исполнителями. После того, как все сообщения были доставлены (шаг 5), алгоритм может перейти к обработке полученных сообщений.

Input: W – количество исполнителей; w – индекс текущего исполнителя, *send_pools/recv_pools* – пулы с сообщениями от/для других исполнителей
1: for $w_i = 0, \dots, W-1, w_i \neq w$: 2: отправить пул $send\_pools[w_i]$ исполнителю w_i без блокировок 3: for $w_i = 0, \dots, W-1, w_i \neq w$: 4: получить сообщение от исполнителя w_i в пул $recv\_pools[w_i]$ без блокировок 5: дождаться окончания операций получения

2. Алгоритм Master-Slave (MS). В данном алгоритме предлагается разделить все вычислительные процессы на два типа: Мастер (M) и Лист (L). Мастер занимается маршрутизацией сообщений между подсетями, а Лист (процесс-исполнитель) хранит подсеть и информацию о своем мастере, занимается генерацией ребер и моделированием процесса. Схема организации вычислительных процессов представлена на рис. 1, а. Каждый мастер $M_i, i = 1, \dots, m$ (где m – количество мастер-процессов) ассоциирован с множеством дочерних листов $L_{ij}, j = 1, \dots, l_i$ (где l_i – количество листьев для мастера M_i). Пусть $L = \sum_i l_i$ – общее число листьев. Каждый мастер M_i получает сообщения от дочерних листьев L_{ij} и отправляет сообщения всем процессам из множества $\bigcup_{i,j} L_{ij}$ (т.е. всем листьям).

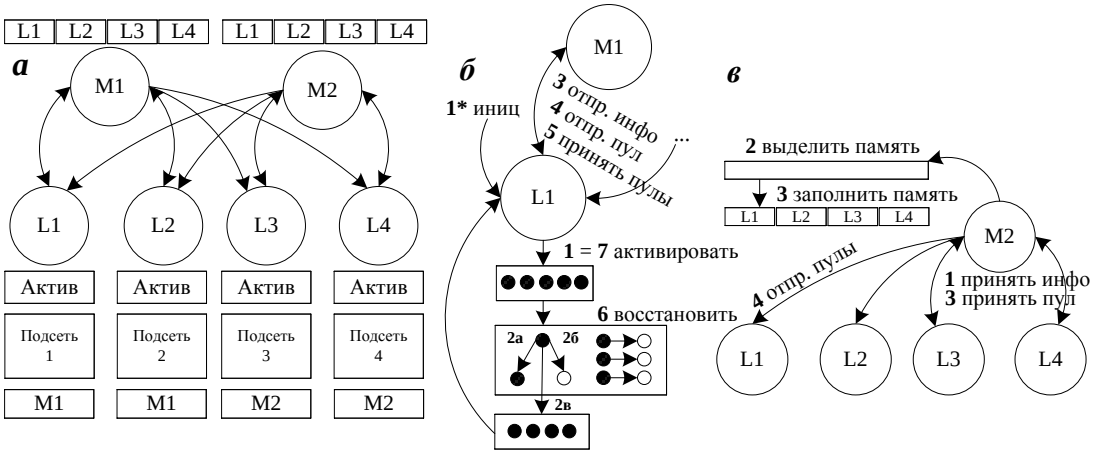


Рис. 1. Организация коммуникации между подсетями (а); алгоритм функционирования *L*-процесса (б); алгоритм функционирования *M*-процесса (в)

Перед началом моделирования каждый лист L_k (шаг 1 на рис. 1, б) получает от мастера с MPI рангом 0 индексы тех вершин из своей подсети, которые должны быть изначально активированы. На каждой итерации каждая активная вершина пытается активировать своих соседей. Если вершина активируется впервые, для нее генерируются и сохраняются исходящие ребра. Если вершина, которая должна быть активирована, находится на том же листе, что и вершина-активатор (шаги 2а, 2б на рис. 1, б), то ее состояние обновляется, иначе (шаг 2в на рис. 1, б) она добавляется в пул вершин, которые будут отправлены мастеру M_i. Для того, чтобы мастер-процесс мог выделить память под консолидированный пул, листы, по завершении формирования своих пулов, отправляют своему мастер-процессу сообщение с размерами пулов, предназначенных для других подсетей (шаг 3 на рис. 1, б и шаг 1 на рис. 1, в). После того, как память выделена, *M*-процесс принимает пулы от ассоциированных листов (шаг 4 на рис. 1, б и шаг 3 на рис. 1, в). Затем мастер-процесс отправляет данные о заражениях каждом листу (шаг 5 на рис. 1, б и шаг 4 на рис. 1, в). После того, как *L*-процесс получает сообщения от всех мастеров, он активирует вершины из этих сообщений в своей подсети (шаг 7 на рис. 1, б) и восстанавливает вершины из пула активных вершин (шаг 6 на рис. 1, б).

3. Алгоритм Ring (*R*). Алгоритм Кольцо предполагает, что каждый процесс-исполнитель занимается как вычислениями, так и маршрутизацией сообщений. Обмен сообщениями между исполнителями происходит следующим образом: каждый исполнитель получает данные от левого соседа и отправляет их правому соседу, т.е. все исполнители объединены в кольцо. Таким образом, каждый исполнитель хранит собственную подсеть, информацию о своем левом и правом соседе. Алгоритм 4 описывает шаги передачи данных для кольца.

Input: *W* – количество исполнителей; *w* – индекс исполнителя; *R*, *L* – индексы правого и левого соседа	
1: создать *MPI Datatype* из пулов *send_pools* 2: отправить сообщение типа *Type* правому соседу *R* 3: for $mi = 0, \ldots, W-1, mi \neq w$: 4: получить сообщение от левого соседа *L* в пул *recv_pools*[*mi*]	5: создать *MPI Datatype* из пулов *recv_pools*[*mi*] с вершинами для других исполнителей 6: вершины для *w*→*recv_pools*[*w*] 7: отправить сообщение типа *Type* правому соседу *R*

Для каждой из предложенных выше схем были построены теоретические модели производительности.

Результаты. Исследование параллельной эффективности проводилось на разделе regular4 суперкомпьютера «Ломоносов». Этот раздел содержит 4096 вычислительных узлов с 4-ядерными процессорами Intel Xeon X5570 2.93GHz (т.е. $ppn = 8$) и 12 Гб памяти на вычислительный узел.

Рис. 2 показывает отношение между временем, затраченным на вычисления и на обмен данными, для разного числа процессоров. После того момента, когда отношение вычислений к коммуникациям превышает 1, время на вычисления начинает играть определяющую роль в общем времени моделирования системы. При использовании алгоритма All-to-all эта точка находится в районе 384 процессоров, при использовании MS1N – около 680 процессоров. Рис. 2 ясно показывает, что время, затраченное на обмен информацией, нельзя не принимать во внимание при

распределенном моделировании «легковесных» динамических процессов на больших графах.

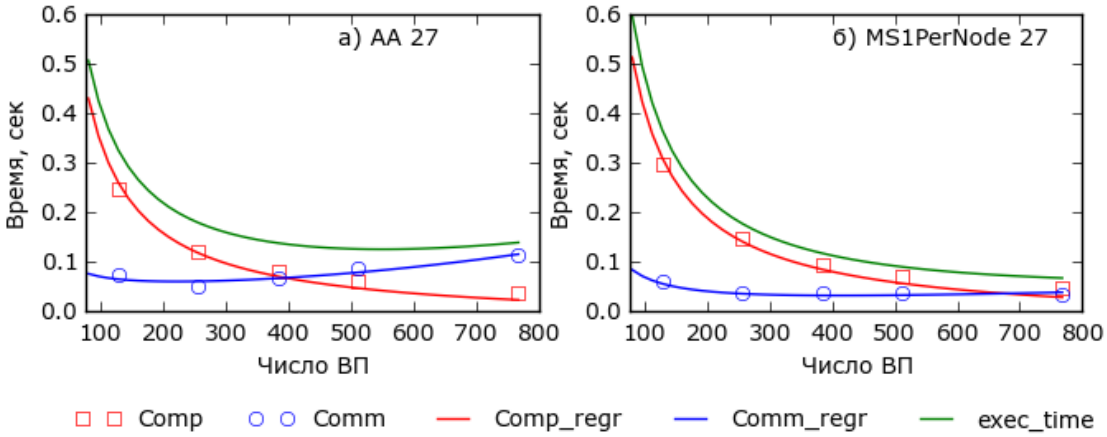


Рис. 2. Время, затраченное на вычисления и на коммуникации (экспериментальные данные и теоретические оценки) и общее время работы (exec_time) для схем All-to-all (а) и MS1N (б), 2^{27} вершин (усреднено по 600 итерациям)

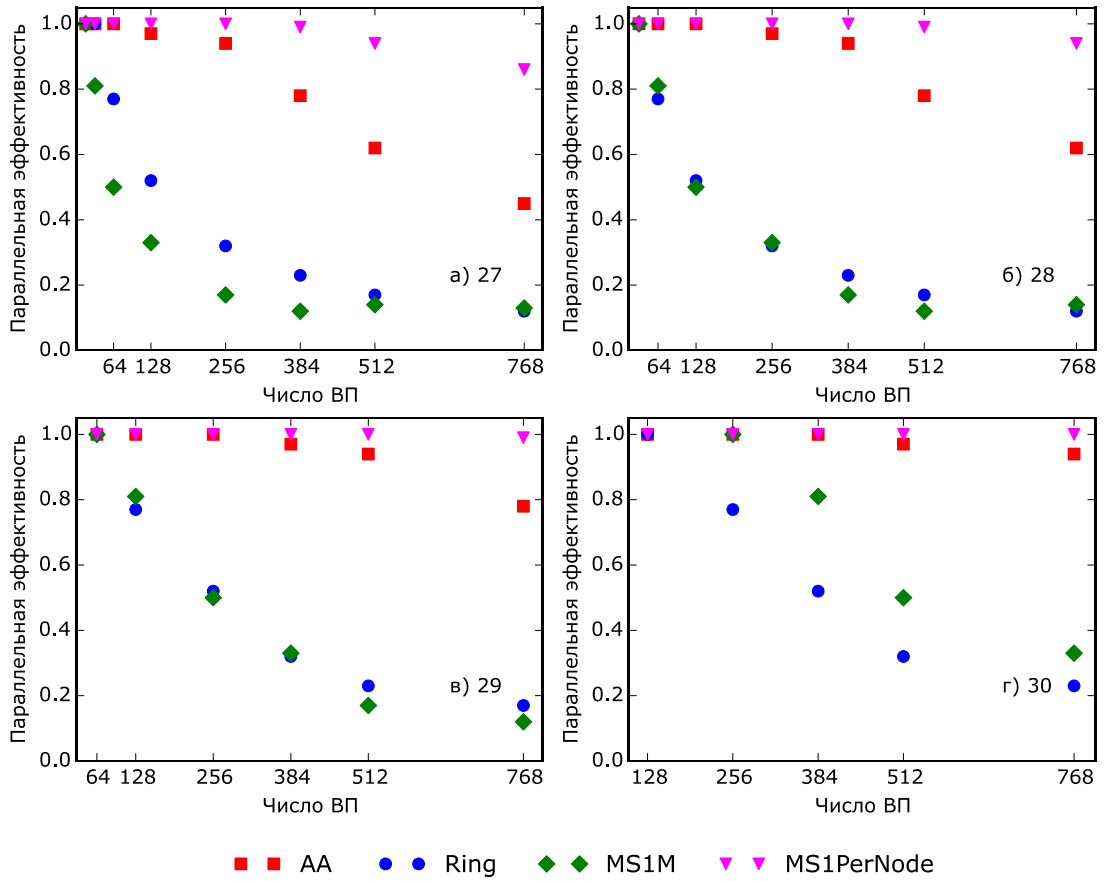


Рис. 3. Параллельная эффективность алгоритмов All-to-all, Кольцо и MS1N для N_K=27 (а); N_K=28 (б); N_K=29 (в); N_K=30 (г)

Рис. 3 показывает оценки параллельной эффективности различных алгоритмов для различных размеров сети: от $2^{27} \approx$135M до $2^{30} \approx$1B вершин. Для каждого размера ПСГК в качестве базы для сравнения используется время работы для минимального числа процессоров, которое позволяет завершить моделирования без превышения ограничений доступной оперативной памяти (для N_K=27 – время на 16 процессорах, для N_K=28 – время на 32 процессорах и так

далее). Алгоритмы Кольцо и MS с одним мастером-процессом не масштабируются на все рассмотренные размеры сетей, демонстрируя стремительное снижение параллельной эффективности при увеличении количества процессов. Результаты для оставшихся двух схем показывают преимущество использования алгоритма Master-Slave с одним мастер-процессом на каждый вычислительный узел. Средняя параллельная эффективность для схемы MS1N равна 0,9, что показывает хорошую масштабируемость алгоритма. Эффективность при одинаковом количестве процессов увеличивается при увеличении размера сети для всех исследованных алгоритмов. Это объясняется увеличением размера подсетей (и, следовательно, увеличением вычислительного времени) при фиксированном количестве операций обмена данными. Как и предполагалось, эффективность снижается с ростом числа процессов. Однако при увеличении размера сети для алгоритма MS1N наблюдаются значения параллельной эффективности ≥0,9 при большом количестве процессов (от 256 процессоров для N_K=27 до 768 процессоров для N_K=30). Это позволяет предположить и дальнейшее увеличение параллельной эффективности для сетей, состоящих из более чем 2^{30} вершин.

Результаты экспериментов, позволяют определить границы применимости различных моделей обмена данными для этой задачи. Первый вывод, который можно сделать: схема Кольцо и схема с одним мастер-процессом не масштабируются. Это подтверждается как теоретическими предсказаниями, так и экспериментальными результатами. Следует отметить, что схема с единственным мастером часто используется в эпидемиологическом моделировании.

Схема All-to-all с неблокирующим обменом сообщениями превосходит Master-Slave с одним мастером на узел примерно до 90–128 процессов. После этого квадратичный рост числа операций связи приводит к снижению эффективности схемы All-to-all. Для изучаемого размера сетей и числа вычислительных узлов была достигнута параллельная эффективность около 0,9 для схемы MS1N для разреженных сетей до одного миллиарда узлов, что подтверждает масштабируемость алгоритма для кластера среднего размера.

Данный выигрыш может являться критичным, например, в случае, если разработанные алгоритмы используются в составе системы оперативного прогнозирования протекания критических явлений в социальных системах, когда требуется быстрая и своевременная реакция на достижение индикаторов критического состояния системы.

Литература

1. Liu Y.-Y., Slotine J.-J., Baraba´si A.-L. Observability of complex systems // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. – V. 110. – № 7. – P. 2460–2465.
2. Leskovec J., Chakrabarti D., Kleinberg J., Faloutsos C., Ghahramani Z. Kronecker Graphs: An Approach to Modeling Networks // J. Mach. Learn. Res. – 2010. – V. 11. – P. 985–1042.
3. Yoo A., Henderson K.W. Parallel Generation of Massive Scale-Free Graphs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://arxiv.org/abs/1003.3684, своб.
4. Ryu E., Choi S. Stochastic Kronecker Graph on Vertex-Centric BSP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1208.2239.pdf, своб.



Крылова Анастасия Андреевна
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4275
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: ananasn94@gmail.com

УДК 621.004.31

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО-МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ ГРАФИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Крылова А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Афанасьев М.Я.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615863 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

Целью работы является исследование и разработка графических интерфейсов (ГИ) системы управления интеллектуальным технологическим оборудованием с применением структурно-модульного подхода. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие основные задачи:

– рассмотреть и классифицировать виды пользовательского интерфейса (ПИ) систем управления технологическим оборудованием, существующие методы и инструменты создания графического ПИ;
– определить требования к компоненту ГИ, предъявляемые модульной системой управления, определить роль, которую занимает данный компонент, в соответствии с выбранной архитектурой системы управления;
– обосновать применение структурно-модульного подхода;
– создать компонент ПИ и библиотеку базовых графических элементов.

Области использования. Разрабатываемый компонент ГИ является частью модульной микросервисной системы управления технологическим оборудованием. Такая система представляет собой гетерогенную распределенную сеть, узлами которой являются разнообразные модули системы, как программные, так и программно-аппаратные. Модульное оборудование подразумевает возможность замещения одних программно-аппаратных модулей другими, что позволяет менять тип оборудования без видимых изменений в алгоритмической части. Использование такого оборудования особо актуально в мелкосерийном или единичном производстве.

Обзор исследовательских работ. В последнее десятилетие стали активно проводиться работы по переходу к цифровому производству и интеллектуализации. Технологическое оборудование является одной из ключевых и дорогостоящих частей производства, и для того, чтобы интегрировать его в обновленную производственную и технологическую среду, необходимо произвести обширные как научные, так и инженерные исследования.

Например, исследователи из университетов Керетаро (Autonomous University of Queretaro) и Гуанахуато (University of Guanajuato) в Мексике работают над созданием мультиагентной платформы для управления технологическим оборудованием [1]. Данная система называется MADCON и представляет собой платформу с открытой архитектурой, основанную на мультиагентных программно-аппаратных модулях.

Аналогичные работы проводятся и в России. Например, ученые из Московского государственного технологического университета «СТАНКИН» предлагают подход к построению переносимого ядра числового программного управления (ЧПУ) на основе платформы независимых библиотек [2]. Открытая архитектура данной системы ЧПУ включает в себя уровни абстракции для реализации различных человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ), а также имеет возможность описания компонентов системы на различных языках программирования. ЧМИ в данной системе обеспечивается тремя видами взаимодействия: с использованием физической стойки управления, удаленного устройства управления и веб-терминала, доступного с любого устройства с выходом в сеть.

Кроме исследований, непосредственно связанных с созданием компонентов цифровых и интеллектуальных производств, ведутся работы по стандартизации. И лидирующую роль в этом вопросе занимают Германия и США. Немецкие специалисты разработали множество документов и стандартов, связанных с цифровым производством [3, 4]. Основным является документ, посвященный эталонной архитектурной модели, также известной как RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industry 4.0) [5]. Параллельно в США были проведены аналогичные работы, однако стандарт был назван Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) [6].

Требования к разработке компонента ГИ. Учитывая современные тенденции развития промышленности, выдвигается ряд требований:

- обеспечить удаленный доступ к управляемому технологическому оборудованию, учитывая мобильность и мультиплатформенность;
- обеспечить конфигурируемость и расширяемость, т.е. возможность динамически дополнять и заменять элементы ПИ в зависимости от установленного модуля или желания пользователя;
- обеспечить безопасность, в том числе, разграничение доступа для пользователей и других сервисов;
- обеспечить интероперабельность, т.е. использование открытого протокола. В качестве примера можно привести ситуацию, когда производственный процесс строится по принципу «переговоров» его участников. Для осуществления такого подхода система управления конкретного технологического оборудования должна быть расширена системой планирования. Одним из вариантов реализации может быть создание системы поверх модуля ПИ с использованием открытого протокола. Это означает, что данная система использовала бы те же интерфейсы, которыми пользуется оператор, но без их графической составляющей, например, интерфейсом загрузки управляющей программы.

ГИ системы ЧПУ на основе структурно-модульного подхода. Очевидно, что первичная декомпозиция ГИ на модули соответствует перечню аппаратных модулей системы. При этом каждый такой модуль ГИ – самостоятельная автономная программная единица, которая находится на соответствующей аппаратной платформе

и обладает свойством интероперабельности. Дальнейшая декомпозиция производится по функциям конкретного модуля системы, образуя набор виджетов (рис. 1). Виджеты для локального модуля ГИ выступают в качестве данных и передаются другим участникам сети по запросу.

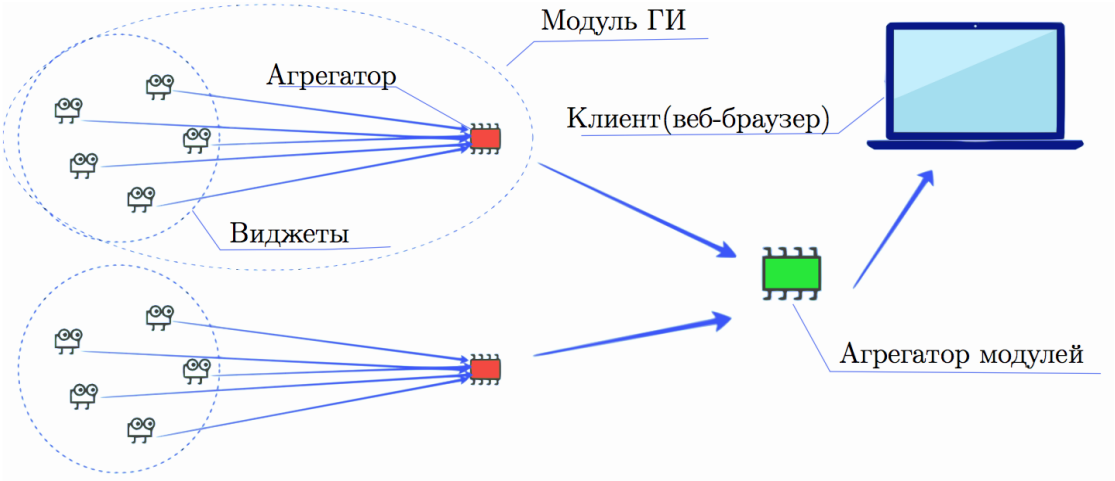


Рис. 1. Организация компонента ГИ

Для образования временной структуры используется агрегатор интерфейсов. Полученные модули ГИ он компонует в базовую оболочку системы управления, где такая иерархия описывается корневым html файлом. ГИ каждого модуля также встраиваются в этот корневой файл. В данном корневом файле ГИ распределены по категориям и доступны для пользователя. Сама структура может меняться двумя способами:

1. автоматически, в случае, если был заменен программно-аппаратный модуль системы ЧПУ;
2. вручную, когда пользователь самостоятельно выбрал необходимый набор графических форм под текущую задачу. Данную возможность должна обеспечивать базовая оболочка.

Из вышесказанного становится ясно, что агрегатор должен быть реализован в виде веб-сервера. Такой подход позволяет удовлетворить требование обеспечения удаленного доступа и мультиплатформенности. А также позволяет решить проблемы безопасности, используя стандартные способы, применяемые при веб-разработке.

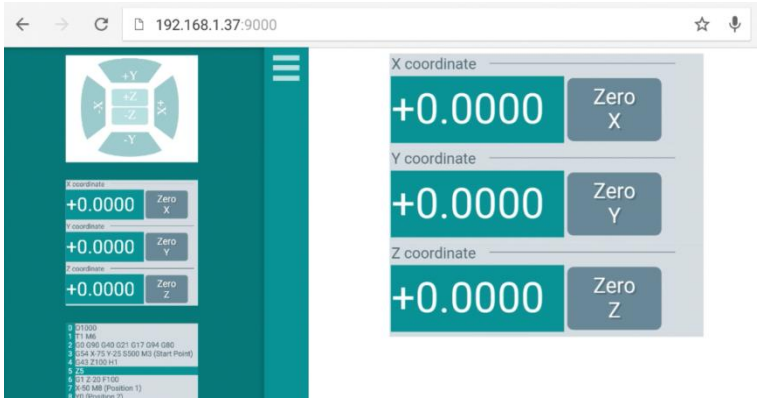


Рис. 2. Внешний вид графической оболочки системы ЧПУ

Реализуемый модуль ГИ состоит из двух частей: серверной и клиентской. Клиентская часть разбита на множество наборов виджетов, которые распределены по узлам гетерогенной сети системы управления технологическим

оборудованием. Основой клиентской части служит графическая оболочка (рис. 2), в которой реализованы окно авторизации пользователя, меню с наборами виджетов, упорядоченными по категориям, и редактируемое рабочее пространство. Данная оболочка по умолчанию предлагает заранее организованное рабочее пространство, однако оставляет пользователю возможность изменять его по своему желанию (например, удалять или добавлять виджеты, масштабировать их и т.д.).

Заключение. ЧМИ – это один из основных элементов системы ЧПУ. Предложенный структурно-модульный подход к построению пользовательского ГИ, как узла распределенной сети системы ЧПУ, позволяет осуществлять управление модульным технологическим оборудованием. В ходе выполнения работы были достигнуты следующие результаты:

– проведено исследование предметной области и современных разработок в области создания систем ЧПУ;
– приведено описание структурно-модульного подхода к разработке пользовательских ГИ;
– проведена классификация и обзор инструментов создания пользовательского ГИ;
– частично разработан модуль пользовательского ГИ системы управления технологическим оборудованием, в частности его серверная часть и клиентская часть, включающая библиотеку базовых виджетов.

Структурно-модульный подход, примененный к разработке пользовательских ГИ систем с ЧПУ, позволяет создать такой компонент ГИ, который может адаптироваться к внутренним изменениям системы при добавлении или замене модулей технологического оборудования. Данный подход упрощает внедрение новых модулей за счет использования открытых интерфейсов и расширяет возможности управления технологическим оборудованием.

Литература

1. Morales-Velazquez L., de Jesus Romero-Troncoso R., Osornio-Rios R. A. et al. Open-architecture system based on a reconfigurable hardware-software multi-agent platform for CNC machines // Journal of Systems Architecture. – 2010. – V. 56. – № 9. – P. 407–418.
2. Grigoriev S.N., Martinov G.M. Research and Development of a Cross- platform CNC Kernel for Multi-axis Machine Tool // Procedia CIRP. – 2014. – V. 14. – P. 517–522.
3. IEC62541-100:2015. OPC Unified Architecture-Part100 Device Interface: Standard: International electrotechnical commission. – 2015.
4. DIN SPEC 40912:2014-11. Core models – Specification and Examples: Standard: German Institute for Standardization. – 2014.
5. DIN SPEC 91345:2016-04. Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0): Standard: German Institute for Standardization. – 2016.
6. Lin S.-W., Miller B., Durand J. et al. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture: Tech. rep.: Industrial Internet Con- sortium. – 2017.



Крючкова Кира Викторовна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: kryuchkova.kira@gmail.com

УДК 637.146.3/663.05

ПОЛУЧЕНИЕ ЗЛАКОВОЙ ДИСПЕРСИИ И НАПИТКОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Крючкова К.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Забодалова Л.А.

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

Мировой опыт разработки рецептур современных пищевых продуктов отражает сложность их состава, в частности наличие большого количества сырьевых компонентов различной природы. Тенденция последних лет – внесение в молочные продукты растительных ингредиентов. Раньше предпочтение отдавалось соевым белкам, однако на сегодняшний день появляются исследования по использованию гороха, чечевицы, фасоли, нута, люпина, ржи, овса, ячменя, амаранта, рапса, подсолнечника и др. [1].

Ввод в производство молочных продуктов на злаковой основе позволяет более экономично использовать молочные ресурсы и увеличивает ассортимент конкурентоспособных продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, обладающих функциональными свойствами. Некоторые из таких продуктов содержат в рецептуре крупяные или зерновые ингредиенты.

Цель работы получить напитки, пресный и сквашенный на основе злаковых культур, для удовлетворения потребностей различных категорий населения. В работе происходит комбинирование растительного и молочного сырья, чтобы извлечь полезные вещества из двух видов сырья и соединить в одном продукте.

В данной работе рассмотрена возможность использования в качестве сырья для получения дисперсии крупы пшена шлифованного со следующим исходным размером зерен: длина – 1,3 мм, ширина – 0,7 мм. Изначально зерно увлажняли и измельчали до размера частиц 0,8±0,2 мм. На первом этапе работы для получения злаковой дисперсии проводили экстракцию с применением метода мацерации. В качестве экстрагентов были выбраны дистиллированная вода и восстановленное обезжиренное молоко. После измельчения зерно замачивали в течение 8 ч, используя гидромодули 1:7, 1:10 и 1:15, затем отделяли полученный экстракт фильтрованием. Исследования показали, что при использовании гидромодуля 1:7 в дисперсию переходило сухих веществ примерно в 2,5 раза больше, чем при других значениях гидромодуля независимо от вида экстрагента [2]. В качестве фактора, повышающего переход сухих веществ в экстракт, рассматривали повышение температуры экстракции при кратковременном нагреве (65±1°С и 70±1°С с выдержкой 3–5 мин в обоих случаях). Установлено, что применение первого режима (65±1°С с выдержкой 3–5 мин) позволяет увеличить количество сухих веществ в экстракте на 2,1% при использовании дистиллированной воды и на 1,4% при использовании обезжиренного

молока в качестве экстрагентов по сравнению со вторым режимом нагрева. Дальнейшее повышение температуры (до 80°С) приводит к слипанию частиц и прекращению процесса экстракции.

На втором этапе с целью интенсификации процесса экстракции использовали метод ультразвуковой обработки. В качестве источника ультразвука применялся аппарат ультразвуковой «Волна-М» УЗТА-1/22-ОМ с потребляемой мощностью до 1000 Вт и частотой 20±1,65 кГц. Режим ультразвукового воздействия для всех образцов – обработка мощностью 420 Вт (60% мощности от паспортной), продолжительностью 2 и 4 мин. Работа проводилась с образцами, где в качестве экстрагента были обезжиренное молоко и вода (гидромодуль 1:7).

Таблица 1. Количество сухих веществ в образцах с экстрагентом восстановленное обезжиренное молоко при обработке ультразвуком

	М.д. сухих веществ (общие), %, время обработки 2 мин	▲М.д. сухих веществ, % время обработки 2 мин	М.д. сухих веществ (общие), %, время обработки 4 мин	▲М.д. сухих веществ %, время обработки 4 мин
Образец	26,9±0,3	18,1±0,3	36,5±0,3	27,7±0,3

Как видно из табл. 1, при увеличении времени ультразвуковой обработки, в дисперсию переходит больше сухих веществ на 9,5±0,3%. В табл. 2 приведены данные при работе с дисперсией с экстрагентом дистиллированная вода.

Таблица 2. Количество сухих веществ в образцах с экстрагентом дистиллированная вода при обработке ультразвуком

	М.д. сухих веществ (общие) % Время обработки 2 мин	М.д. сухих веществ (общие) %, Время обработки 4 мин
Образец	14,4±0,3	20,4±0,3

Как видно из табл. 2, при увеличении времени ультразвуковой обработки, в дисперсию переходит больше сухих веществ на 7,8±0,3%. Но дисперсия при этом меняет нативное состояние, и приобретает металлический запах. Поэтому для пищевых систем рекомендована обработка в течение 2 мин.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что обработка ультразвуком злаковой дисперсии повышает выход сухих веществ на 9,5±0,3% (экстрагент восстановленное обезжиренное молоко), на 7,8±0,3% (экстрагент дистиллированная вода).

Полученную дисперсию использовали для получения пресного и сквашенного напитков. Для получения сквашенного напитка отфильтрованную дисперсию пастеризовали при температуре 85±2°С, охлаждали до 42±2°С, вносили 5% (от массы дисперсии) закваски, приготовленной на чистой культуре ацидофильной палочки. Образцы злаковой основы, полученные при экстрагировании водой, при добавлении закваски и термостатировании при температуре 42±2°С сгусток не образуют. А образцы, экстрагированные восстановленным обезжиренным молоком, образуют сгусток через 4 ч выдержки в термостате при температуре 42±2°С.

Однако в ходе эксперимента было выявлено, что полученная сквашенная дисперсия имеет дряблый, расслаивающийся сгусток, с большим отстоем сыворотки. Для улучшения структурирования системы при сквашивании и, следовательно, консистенции сквашенной дисперсии, добавляли концентрат сывороточных белков (КСБ) марки Lactomin, производства Германии. Количество добавляемого белкового компонента варьировали в пределах от 0,5 до 3,5% с шагом 0,5. Для выявления

влияния вносимого компонента на структуру, консистенцию и вкус напитка определяли органолептические и структурно-механические показатели исследуемых образцов и влагоудерживающую способность сгустков. Добавление КСБ в возрастающем количестве приводит к повышению значений коэффициента динамической вязкости продукта, улучшает его внешний вид и консистенцию, повышает влагоудерживающую способность.

Из полученных результатов следует, что наиболее высокая влагоудерживающая способность характерна для образцов с добавлением КСБ в интервале от 2,5 до 3,5%.

Для определения структурно-механических показателей образцы подвергали воздействию однородного поля сдвига (градиент скорости равный 27 $с^{-1}$) в течение 2 мин на ротационном вискозиметре Реотест-2, фиксируя показания прибора через каждые 15 с. Затем образцы выдерживали в течение 15 мин для восстановления структуры. Используя рассчитанные показатели коэффициента динамической вязкости неразрушенной, разрушенной и восстановленной структуры, высчитывали показатели, характеризующие структуру напитка: коэффициент потерь вязкости (Пη), коэффициент механической стабильности (КМС) и коэффициент восстановления структуры (Вη). Результаты приведены в табл. 3.

Из представленных данных следует, что с увеличением количества вносимого КСБ наблюдается снижение коэффициента потерь вязкости и коэффициента механической стабильности, что свидетельствует о повышении устойчивости структуры продукта к механическому воздействию, и возрастание значений коэффициента восстановления структуры, что, в свою очередь, говорит о более высокой степени выраженности тиксотропных свойств системы.

Таблица 3. Структурно-механические показатели образцов сквашенного напитка с добавлением КСБ

Количество вносимого КСБ, %	Показатели		
	Коэффициент потерь вязкости Пη, %	Коэффициент механической стабильности, КМС	Коэффициент восстановления структуры Вη, %
0,5	53,3	2,1	46,7
1,0	41,7	1,7	65,7
1,5	33,0	1,6	67,9
2,0	31,1	1,5	70,0
2,5	30,5	1,5	72,0
3,0	28,2	1,4	74,5
3,5	24,4	1,3	77,7

На основании полученных результатов можно заключить, что за рациональную дозу концентрата сывороточных белков следует принять 2,5% от массы заквашиваемой смеси. При этом продукт имел однородную и достаточно плотную консистенцию без отделения сыворотки, обладал хорошей устойчивостью к механическому воздействию и проявлял способность к восстановлению структуры после перемешивания.

При меньшем внесении КСБ сгусток получался недостаточно плотный, склонный к отделению сыворотки. Внесение большего количества КСБ приводило к излишнему загустеванию продукта, появлению желеобразного сгустку.

Следует отметить, что полученный напиток имел характерный, довольно сильно выраженный привкус пшена. Поэтому с целью улучшения органолептических показателей был выбран вишневый сироп в качестве вкусового наполнителя. Его

вносили в количестве от 0,5% до 6% с шагом 0,5. Анализ показал, что количество сиропа, равное 4% (образец №9 на рисунке) позволяет получить приятный чистый кисломолочный вкус и запах, со вкусом вишни, без выраженного привкуса пшена и без посторонних привкусов и запахов и светло-вишневый цвет в готовом продукте. Полученные результаты приведены на рисунке.

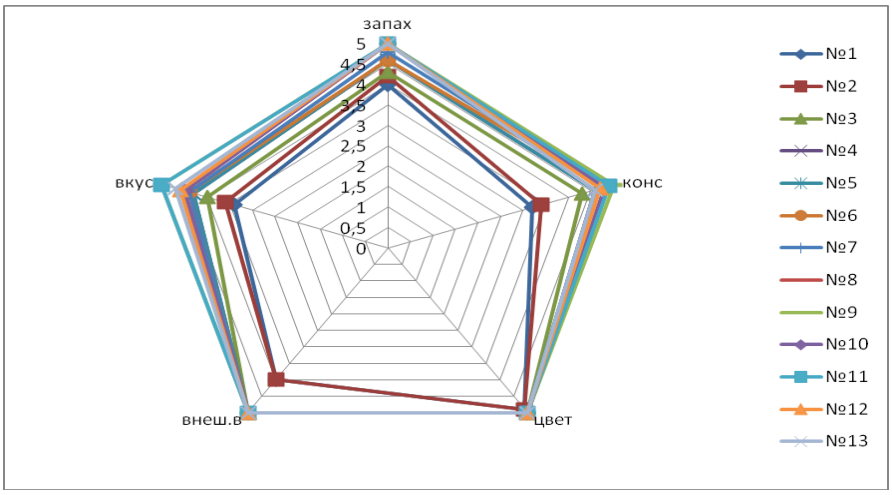


Рисунок. Профилограмма для сквашенного напитка (в зависимости от дозы внесения сиропа)

Органолептические показатели пресного напитка, полученного на основе злаковой дисперсии, также можно улучшить за счет добавления 4,5% вишневого сиропа.

Таким образом, для производства сквашенного и пресного напитков необходимо использовать измельченное увлажненное зерно (0,8±0,2 мм); гидромодуль 1:7; мацерацию в течение 8 ч; ультразвуковую обработку в течение 2 мин; нагрев до 65±1°С с выдержкой 3–5 мин; фильтрацию, пастеризацию 85±2°С с выдержкой 10–15 мин. Для сквашенного напитка далее следует внесение закваски, КСБ, вишневого сиропа и сквашивание в течение 4 ч при 42±2°С. Для пресного напитка – внесение вишневого сиропа и перемешивание.

По результатам исследований было выработано два напитка, пресный и сквашенный.

Пресный напиток вырабатывается на пшенной основе и не имеет аналогов в розничной торговле. Практически все полезные вещества из злаковой культуры переходят в напиток и вместе с ним попадают в организм потребителя. Подходит для употребления в пост и для людей имеющих аллергию на молочные компоненты [3, 4].

Низкокалорийный сквашенный напиток с пробиотическими свойствами рекомендуется для ежедневного употребления в пищу. Функциональная направленность обеспечивается составом применяемой закваски, способной нормализовать микрофлору кишечника.

Литература

1. Фелик С.В., Антипова Т.А., Кудряшова О.В. Продукты на молочно-зерновой основе для беременных и кормящих женщин // Молочная промышленность. – 2016. – № 7. – С. 66–67.
2. Крючкова К.В., Забодалова Л.А. Получение пищевой дисперсии на основе зерна злаковых культур и изучение ее свойств // Сб. материалов конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Часть II. – 2015. – С. 185–186.

3. Абикова Н.С. Применение злаковых добавок в производстве молочных продуктов // Молочная промышленность. – 2005. – № 9. – С. 45–46.
4. Крючкова К.В. Пищевая злаковая дисперсия как рецептурный компонент напитков функционального назначения на молочной основе // Сб. тезисов докладов V Конгресса молодых ученых. – 2016. – С. 160–162.



Купсик Наталия Александровна
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4202
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: nat9837@yandex.ru

УДК 004.4'2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Купсик Н.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ключев А.О.

В настоящее время в связи с развитием встроенных и киберфизических систем увеличиваются их вычислительные возможности, что в свою очередь порождает усложнение всех этапов жизненного цикла проектирования систем, в частности, процесса разработки. Тенденция интенсивного развития такого рода систем формирует потребность в упрощении проектирования архитектуры, аппаратного и программного обеспечения (ПО). Применение традиционных для встроенных систем инструментальных средств разработки ПО, таких как: интегрированных сред разработки, отладчиков, симуляторов, не всегда позволяет обеспечить понижение уровня сложности [1]. Данный фактор спровоцировал рост количества специализированного инструментария для упрощения создания ПО за счет повышения уровня абстракции (системы автоматической генерации кода, предметно-ориентированные языки (ПОЯ)). Выбор дополнительных инструментальных систем для решения прикладных задач, а именно программирования микроконтроллеров, базируется на спроектированной архитектуре. При невозможности обеспечения выполнения необходимых требований актуальным является создание специализированного инструмента в рамках решения текущей задачи.

В работе прикладной задачей являлась разработка CAN-драйверов автомобильной сигнализации. Задачей такого драйвера является интерпретация сообщений в штатной CAN-шине автомобиля для определения состояния его штатных блоков (открытых/закрытых дверей, капота, заведенного двигателя и т.д.), а также отправка сообщений для управления ими (для запуска штатного автономного отопителя, запуска двигателя и т.д.). Информацию о статусах блоков автомобиля и о необходимости отправки управляющих сообщений драйвер соответственно передает и получает от логики ПО CAN-модуля и главного блока автомобильной сигнализации. ПО для главного блока и CAN-модуля является универсальным для всех моделей автомобилей. Возможность установки сигнализации на различные автомобильные платформы обеспечивается за счет CAN-драйверов.

Каждый драйвер представляет собой один файл исходного кода на языке Си, содержит инициализацию задействованных CAN-шин, набор поддерживаемых статусных и управляющих функций, которые задаются в фиксированном формате (названия переменных, функций и структур имеют строго определенное название). Данный формат обусловлен необходимостью сопряжения ПО драйвера и CAN-модуля в независимости от реализации драйвера. Инициализация скорости и числа используемых в драйвере CAN-шин выглядит как заполнение конкретной структуры данных, численное значение скоростей задается не в прямом виде, а в формате коэффициентов, которые необходимо рассчитывать вручную. Статусные функции объявляются в рамках одной структуры, полями которой являются: идентификатор сообщения, рассматриваемый номер байта поля данных сообщения, тип сравнения (эквивалентен или нет по маске), численное значение накладываемой маски, ожидаемый численный результат и название статусной функции, состояние которой становится «установлено» (дверь открыта, зажигание включено и т.д.) при выполнении данного условия. В случае, если правило установки статуса не подходит под данный шаблон (требуется дополнительно анализировать сообщения с другими идентификаторами аналогично по маске и группировать их по «И» или «ИЛИ»), необходимо в поле структуры передавать название функции, где производится дополнительная обработка других штатных сообщений и соответственно установка статуса. Каждая функция управления представляет собой отдельный массив структур с фиксированным названием, которое соответствует реализованной функции. С точки зрения логической организации, функция управления штатными блоками автомобиля задается как конечный автомат, каждый этап которого описывается в полях реализованной структуры. В каждом элементе массива в рамках структуры указывается: номер описываемого этапа конечного автомата, тип операции (модификация штатного или отправка фиксированного сообщения в CAN-шину автомобиля, задержка и др.), количество повторного выполнения этапа, задержка после его завершения, указатель на вызываемую функцию на данном этапе или структуру данных отправляемого сообщения.

CAN-драйвер представляет собой ПО, построенное по фиксированному шаблону, и разрабатывается под каждую марку и модель автомобиля, поскольку данные в CAN-шине могут быть различны при возникновении идентичных событий для моделей даже в рамках одной марки. Процесс разработки данного встроенного ПО заключается в совместной работе программиста и специалиста, имеющего доступ к автомобилю. Специалистом инициируются определенные события (открытие двери, включение зажигания и т.д.) и производится логирование CAN-шины автомобиля, полученная информация передается программисту, который на ее основе формирует драйвер и прошивку для сигнализации, ее тестирование обеспечивает специалист. Процесс разработки CAN-драйвера включает в себя совместную работу специалистов разной квалификации с точки зрения навыков программирования встроенных систем, однако, знакомых с предметной областью.

Для решения данной прикладной задачи программисту доступны такие инструментальные средства, как: текстовый редактор для написания исходного кода, средство анализа информации с CAN-шины и makefile. Использование интегрированной среды разработки не является целесообразным, поскольку в таком случае для сборки прошивки требуется открывать не только драйвер, но и проект логики CAN-модуля, который не должен меняться при разработке драйвера. Процесс компиляции и сборки драйвера будет занимать большее время за счет дополнительной обработки логики CAN-модуля. Makefile позволяет осуществлять сборку только CAN-драйвера.

Ограниченный набор традиционных инструментальных средств для разработки CAN-драйверов порождает потребность в дополнительном специализированном инструментарии. Драйвер представляет собой шаблонное решение в рамках конкретной предметной области – CAN-шины. На основании данного фактора в рамках работы в качестве инструментального средства для решения данной прикладной задачи проводилось исследование и разработка ПОЯ. Такой вид инструмента позволяет [2, 3]:

– понизить уровень входных знаний для разработки ПО;
– уменьшить количество мест потенциальных ошибок;
– упростить структуру ПО;
– обеспечить автоматическую генерацию шаблона исходного кода на базовом языке;
– ускорить процесс разработки ПО;
– скрыть особенности базового языка от начинающего разработчика.

Проектирование ПОЯ базировалось на существующих правилах разработки драйвера на базовом языке Си с учетом особенностей предметной области.

Основными операндами являются CAN-сообщения (идентификатор и 0-8 байт поля данных). Инициализация драйвера производится путем задания выбранному интерфейсу соответствующей скорости. Статусы задаются в виде блока, на каждой строчке которого описывается условие его установки. ПОЯ поддерживает не только простые одинарные логические условия, но и их группировку по различным логическим операторам. Для удобного перехода программистов на данный инструмент была сохранена логика задания функций управления в виде конечных автоматов. Каждый блок функции управления содержит строки, описывающие операции, выполняемые на этапе конечного автомата: отправка фиксированного сообщения, модификация штатного сообщения, проверка текущего значения статуса или штатного сообщения и переход на заданный этап автомата, задержка на заданное число миллисекунд или безусловный переход на указанный этап.

Данный ПОЯ является внешним (отличен от базового языка Си), лексический и синтаксический анализатор разрабатывались на языке Python с помощью среды разработки PyCharm и программного пакета PLY. Пример реализации драйвера с помощью созданного инструментального средства представлен на рисунке.

```
init desc [0056] car number (3176)
CAN_A baudrate 250K
statuses CAN_A
{
    driver_door [variant = 1]: [ id = 0x232 (D2 AND 0x02 = 0x02)];
    driver_door [variant = 2]: [ id = 0x232 (D2 AND 0x04 = 0x04)];
    gearbox_r:                 [ id = 0x425 ((D0 AND 0xFF = 0x00) AND (D1 AND 0xB0 = 0xB0))];
    acc:                       [ id = 0x003 ((D0 AND 0x07 = 0x03) OR (D0 AND 0x07 = 0x04))];
    arm:                       [ id = 0x07A ((D0 change with mask 0x0F) AND (D0 AND 0x0F = 0x01))];
    mileage:                      id = 0x165 (((((D3 << 24) | (D2 << 16)) | (D1 << 8)) | D0)/10);
}
control horn [CAN_A] (parallel work)
{
    [1] modify msg id = 0x1C5 ( D0 | = 0x05 ) with interval 100 ms;
    [2] check  msg id = 0x1C0 (D0 AND 0xFF = 0x01)? go to end , go to next , execute with interval 50 ms for 5 times;
    [3] modify msg id = 0x1C5 ( D0 | = 0x0E ) with interval 100 ms;
    [4] pause for 5000 ms;
    [5] modify msg when updated id = 0x1C5 ( D0 = 0x09 );
    [6] send msg id = 0x124 [0x01, 0x87];
}
```

Рисунок. Драйвер на ПОЯ

Исследование эффективности применения спроектированного и реализованного инструментария для разработки CAN-драйверов проводилось с помощью метрик исходного кода: количественных, сложности управления программой и потоком

данных [4]. Для корректного анализа разработаны два драйвера на базовом языке Си и ПОЯ, поддерживающие идентичные статусные и управляющие функции. Проводилось сравнение рассчитанных метрик для данного ПО. Численные результаты проведенного анализа приведены в таблице.

Таблица. Характеристики драйвера на Си и ПОЯ

Параметр	Значение для драйвера на языке Си	Значение для драйвера на ПОЯ
Количество строк кода	118	576
Трудозатраты на разработку	6,2 ч	15 ч
Предполагаемое число ошибок	2	4
Сложность понимания	407385	986384
Насыщенность условными операторами	0,0526	0,009

Проведенный сравнительный анализ демонстрирует эффективность использования ПОЯ: в два раза уменьшилось время на разработку, упростилось ПО, снизилось число потенциальных ошибок.

Спроектированный ПОЯ для разработки CAN-драйверов автомобильной сигнализации позволяет:

- за счет уменьшения трудозатрат повысить конкурентоспособность (при появлении нового автомобиля на рынке обеспечивается более быстрая разработка драйвера для него, а значит и поддержка сигнализации);
- участвовать в процессе создания драйвера не только программисту, но и специалисту предметной области (ПОЯ скрывает особенности языка Си и оперирует только понятиями предметной области);
- быстро интегрировать новый инструмент для программирования драйверов (ПОЯ сохранил логику разработки ПО в соответствии с исходным шаблоном).

Разработанное и исследуемое инструментальное средство базируется на текущей архитектуре существующей прикладной задачи, процесс развития которой не стоит на месте. В случае модернизации архитектуры автомобильной сигнализации, CAN-модуля или драйвера необходимо модифицировать и ПОЯ. За счет того, что данный язык разрабатывался, как внешний и не привязан к базовому языку, при переходе на другую архитектуру или язык программирования конфигурация ПОЯ не будет являться трудоемкой и потребует только внесения изменений в блок генерации промежуточного кода. Спроектированная архитектура ПОЯ обеспечивает кросс-платформенность и переносимость при дальнейшем развитии прикладной задачи.

Литература

1. Гурин А., Перевозчиков П. Программно-инструментальные средства разработки иотладки // CHIP NEWS. – 2004. – № 5. – С. 12–14.
2. Voelter M. DSL Engineering. Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages. – North Charleston: Create Space Independent Publishing Platform, 2013. – 560 p.
3. Fowler M., Parsons R. Domain-Specific Languages. – Westford: Addison-Weley, 2011. – 413 p.
4. Ледовских И. Метрики сложности кода: технический отчет. – 2012. – 11 с.



Лихачева Татьяна Сергеевна
Год рождения: 1994
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № Р4264
Направление подготовки: 11.04.03 – Конструирование и технология электронных средств
e-mail: lihtanse@mail.ru

УДК 621.9.08, 621.77.08

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Лихачева Т.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Бондаренко И.Б.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 416037 «Разработка комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств».

В рамках работы разрабатывается комплекс автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств (КАПиПЭС). КАПиПЭС предназначается для макетирования электронных средств посредством использования различных сменных модулей, в чем заключается его реконфигурируемость и благодаря чему появляется возможность расширения его возможностей, что, в свою очередь, способствует увеличению списка технологических операций, которые можно выполнить на данном оборудовании. Таким образом, при помощи одного комплекса можно будет выполнить полный технологический процесс изготовления электронных средств. В рамках научно-исследовательской работы (НИОКР) разрабатывается комплекс для обеспечения возможности создания макетов печатных плат и создания корпусов для электронных средств, причем изготавливается в единственном экземпляре. На момент написания работы КАПиПЭС находился на этапе разработки, и для подтверждения его соответствия требованиям технического задания (ТЗ) на НИОКР и нормативно-технической документации в рамках НИОКР требовалось разработать программу и методику его испытаний (ПМИ). Для разработки ПМИ существует большое количество государственных стандартов, рекомендаций и инструкций, описывающих различные методы испытаний и контроля, средства измерения, специализированное оборудование для проведения испытаний, а также порядок аттестации новых методик. Но их недостаточно для разработки программы и методики испытаний реконфигурируемых систем, одной из которых является рассматриваемый в настоящей работе комплекс. На новое оборудование, которое только начинает получать широкое распространение, например, 3D-принтеры, конструкция и принцип действия, которых порой может лежать в основе реконфигурируемых систем, нормативных документов, регламентирующих проведение испытаний в действительности, не существует. Следовательно, для проведения испытаний необходимо разрабатывать индивидуальные, специализированные программы и методики испытаний. Обычно испытания нового оборудования проводятся путем сравнительной оценки с заменяемым оборудованием, при которых оно должно подтвердить наличие преимуществ с заданной достоверностью. При наличии готовых

стандартизированных методик испытаний рекомендуется руководствоваться ими при проведении процедуры испытаний, однако и готовые методики имеют свои недостатки. Например, некоторые действующие регламентированные методики, основывающиеся на проведении измерений, являются устаревшими по отношению к новому разрабатываемому оборудованию и не способны обеспечить адекватные результаты проведения их испытаний. Кроме этого, многие стандартизированные методики испытаний требуют для проведения испытаний применение дорогостоящих измерительных средств или оборудования, более того некоторые измерительные средства не способны обеспечить возможность проведения испытаний с их использованием ввиду особенностей конструкции разработанного оборудования. Но следует отметить, что допускается не соблюдать строго все положения типовых методик испытаний посредством их уточнения и конкретизации в разрабатываемых программах и методиках испытаний при необходимости их адаптации к определенным условиям проведения испытаний. А средства измерений, выбранные для проведения испытаний, могут быть заменены другими измерительными средствами, которые смогут обеспечить заданную точность измерений.

Таким образом, данная работа преследовала **цель** разработки документа ПМИ для опытного образца КАПиПЭС в соответствии с ГОСТ 2.106-39 [1], включающей в себя неразрушающие методы контроля и испытаний. В основу разработки ПМИ для КАПиПЭС в рамках описываемой работы, помимо стандартов, рекомендаций и инструкций, легли знания и наработки, полученные в ходе работы по созданию проекта КАПиПЭС. В ходе работы было проанализировано ТЗ на НИОКР, а также исследованы как общая методика испытаний станков по [2], так и отдельные методы проведения испытаний характеристик, соответствующих ТЗ на НИОКР. Анализ ТЗ выявил необходимость проверки посредством проведения испытаний 46 характеристик комплекса, а благодаря исследованию различных методов испытаний была сформирована ПМИ для КАПиПЭС, включающая в себя последовательность выполнения этапов испытаний, информацию о проверяемых характеристиках, видах испытаний, средствах измерений и методах испытаний, сведения которой были частично сведены в общую таблицу. Часть этой таблицы представлена далее (таблица), в которой отражены несколько этапов проведения испытаний, относящиеся к разным видам испытаний. Последовательность проведения испытаний была сформирована не случайным образом, а с учетом минимального количества переходов между видами испытаний, количества операций по смене измерительных средств, а также с учетом необходимости максимального сокращения длительности проведения испытаний. Метод испытания, правила регулировки КАПиПЭС и формулы расчета были описаны отдельно в пояснительной записке работы, а в таблице даны лишь ссылки на соответствующие пункты работы.

Таблица. Часть ПМИ

Этап ПМИ	4	29	35	43	46
Наименование характеристик, ед. изм.	Блочно-модульная конструк-ция	Функции стола, портала, каретки	Максимальная частота вращения шпинделя	Макси-мальная нагрузка на стол	Средний срок службы
Номинальные значения	–	–	24000 об/мин		5 лет

Этап ПМИ	4	29	35	43	46
Предельные отклонения или пределы измерения	–	–		До 25 кг	
Вид испытания	Визуальный контроль	Практические испытания	Измерительный контроль	Моделирование	Расчетная проверка
Перечень средств испытаний	–	–	Дистанционный (оптический) тахометр ГОСТ 21339-82		
Класс точности оборудования	–	–	±0,05% +1 об/мин		
Допускаемая погрешность измерения (расчета)	–	–	±13 об/мин		
Метод испытания, правила регулировки КАПиПЭС, формулы расчета (пункт пояснительной записки (ПЗ))	п. 5.3.4 ПЗ	п. 5.3.29 ПЗ	п. 5.3.35 ПЗ	п. 5.3.43 ПЗ	п. 5.3.46 ПЗ

Все средства измерений, выбранные для проведения испытаний, были сведены в отдельную таблицу в составе разработанного в соответствии с ГОСТ 2.106-39 [1] документа ПМИ.

Кроме разработки ПМИ в работе также было апробировано проведение испытания посредством моделирования воздействия (рисунок) посредством возможностей модуля для инженерного анализа системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS Simulation, который помогает проводить анализ объекта при испытаниях посредством виртуализации различных воздействий, что значительно упрощает создание расчетных моделей [3]. Полученные результаты моделирования воздействия подтвердили наличие достаточной жесткости конструкции (минимальный коэффициент запаса прочности составил 3,9398) и, следовательно, соответствие требованию технического задания на НИОКР, а это значит, что нет необходимости в применении дополнительных средств для укрепления конструкции. Корректность значения полученного коэффициента запаса прочности была подтверждена путем проведения повторных операций моделирования нагрузки на стол для различных параметров создаваемой сетки.

Так как КАПиПЭС находится на стадии разработки, его будущий состав, строение и организация не проработаны в полной мере, однако, по предварительным данным удалось провести расчетную проверку средней наработки на отказ и среднего срока службы, согласно [4], а также данным справочников для определения интенсивностей отказов, в результате чего было

подтверждено соответствие КАПиПЭС требованиям ТЗ на НИОКР, а именно, согласно расчетам, КАПиПЭС имеет среднюю наработку на отказ 4545,4 ч, а средний срок службы при эксплуатации комплекса ежедневно в течение одной учебной пары, т.е. 1,5 ч, на протяжении всего учебного года, т.е. 52 недель в год, составит 11,65 лет.

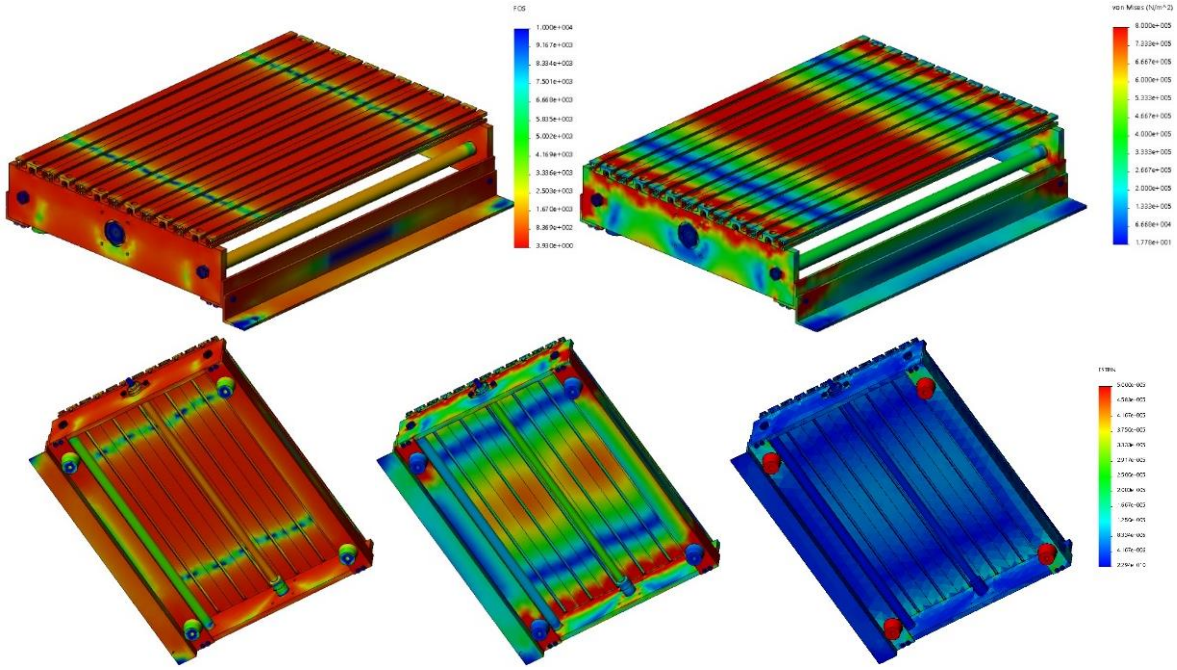


Рисунок. Эпюры распределения запаса прочности, статического анализа узлового напряжения и статической деформации

Также, вследствие нахождения проекта КАПиПЭС на ранних стадиях разработки, подготовленная в рамках данной работы программа и методика испытаний не является окончательной и будет корректироваться на следующих этапах работы над проектом КАПиПЭС. Это способствует обеспечению проведения в дальнейшем более качественной процедуры испытаний комплекса по правильно составленной ПМИ, что позволит гарантированно вывести КАПиПЭС в эксплуатацию, внедрить его в учебный процесс, и тем самым предоставить возможность обучающимся Университета ИТМО получать новые, разнообразные полезные знания и практические навыки [5].

Литература

1. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы. – Введен 01.07.1997. – Минск: Стандартинформ, 2007. – 28 с.
2. Ягопольский А.Г., Волохов В.А. Перспективные методы испытания металлорежущих станков // Изв. вузов. Машиностроение. – 2006. – № 4. – С. 44–48.
3. Lee H.-H. Mechanics of Materials Labs with SolidWorks Simulation 2015. – SDC Publications, 2015. – 282 p.
4. Бородин С.М. Обеспечение надежности при проектировании РЭС: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 106 с.
5. Алямовский А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов. – Изд-во: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.



Любомирова Татьяна Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: ta-nuysha333@rambler.ru

УДК 663.674

РАЗРАБОТКА СОСТАВА СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОВЫШЕННОЙ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

Любомирова Т.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.

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

Сегодня при производстве молочных взбитых десертов производители сталкиваются с проблемой сохранения заданной консистенции продукта, а именно поддержанию взбитой структуры продукта. Поэтому в нашей работе рассматривалась возможность создания стабилизационной системы для взбитых молочных продуктов с целью длительного сохранения агрегативной и кинетической устойчивости пены [1–5].

Изучены технологические факторы, влияющие на стойкость пены. Например, было выяснено, что с понижением значения pH образование пены происходит более интенсивно, это связано с тем, что в растворе уменьшается скорость течения жидкости по каналам пены, а также возрастают силы сцепления между молекулами. А при добавлении большого количества сахара и увеличении температуры взбивания напротив пенообразующая способность уменьшается. Сахароза повышает поверхностное натяжение растворов и тем самым затрудняет процесс пенообразования, а с увеличением температуры происходит увеличение десорбции молекул пенообразователя, повышается испарение жидкости из пленок пен и понижается вязкость системы. Поэтому в процессе экспериментальных исследований были подобраны оптимальные технологические режимы: pH 5,8−6, температура взбивания 2°С. Сухое обезжиренное молоко и сухая молочная сыворотка стали основой для молочных напитков, так как они оказывают положительное действие на пенообразующую способность, потому что имеют высокие показатели полноты и кинетики растворения. В результате проведенных исследований были подобраны оптимальные дозы внесения сухого обезжиренного молока – 10% и сухой подсырной сыворотки – 15% в напитки. Критериями оценки послужили свойства пены – пенообразующая способность и стойкость пены (у вышеперечисленных образцов они были наилучшими). В результате были получены два контрольных образца: 1-ый на основе сухого обезжиренного молока и 2-ой на основе сухой подсырной сыворотки.

Были проанализированы свойства ряда стабилизаторов, выбраны несколько из них (ксантановая и гуаровая камеди, быстрорастворимый желатин, λ-каррагинан). Желатин придает продукту высокую пенообразующую способность. Гуарановая камедь и ксантановая камедь увеличивают вязкость в растворе, способствуя повышению взбитости и устойчивости пенной массы. Также в сочетании с карагинаном ксантановая камедь способствует сохранению пузырьков воздуха во

взбитых десертах и улучшает структуру таких продуктов, делая ее гомогенной и уменьшая синерезис.

С целью повышения взбитости и устойчивости пены были проведены исследования по определению наиболее вяжущего стабилизатора, количество которого будет превалировать в стабилизационной системе. Для определения вязкости каждый компонент в равном количестве растворялся в воде, после чего измерялось время истечения каждого раствора на вискозиметре ВЗ-246 при диаметре сопла 4 (табл. 1).

Таблица 1. Результаты измерения вязкости у стабилизаторов

Компонент	Время истечения, с (диаметр сопла 4)
Раствор с ксантановой камедью	19
Раствор с гуаровой камедью	14
Раствор с λ-каррагинаном	11

Вязкость желатина не измерялась, так как согласно обзору литературных источников было выяснено, что высокое содержание желатина в молочной смеси способно вызвать расслоение фаз из-за неустойчивости геля и кинетической тиксотропии.

Самим вязким получился раствор с ксантановой камедью, на втором месте оказался раствор с гуаровой камедью и наименее вязким получился раствор с добавлением λ-каррагинана.

На основе данных гидроколлоидов были разработаны две стабилизационные системы (табл. 2), определены дозы внесения стабилизаторов 0,2% − для напитка на основе сухого обезжиренного молока и 0,25% − на основе сухой подсырной сыворотки.

Таблица 2. Разработанные стабилизационные системы

Стабилизационная система № 1	Стабилизационная система № 2
Ксантановая камедь	Ксантановая камедь
Гуаровая камедь	λ-каррагинан
Быстрорастворимый желатин	Быстрорастворимый желатин

Кроме того мы исследовали различные соотношения стабилизаторов в системах (табл. 3).

Таблица 3. Соотношение стабилизаторов в системах

Соотношение стабилизаторов в системе № 1	Соотношение стабилизаторов в системе № 2
5:4:1	3:6:1
6:3:1	4,5:4,5:1
	5:4:1

В системе № 1 наилучшая пенообразующая способность была получена при внесении стабилизационной системы в отношении 6:3:1 (ксантановая камедь; гуаровая камедь; быстрорастворимый желатин). В напитке на основе сухого обезжиренного молока пенообразующая способность ровнялась 82%, а в напитке на основе сухой подсырной сыворотки – 68%. В системе № 2 самые высокие показатели были достигнуты при добавлении стабилизаторов в отношении 5:4:1 (ксантановая камедь; λ-каррагинан; быстрорастворимый желатин). В напитке на основе сухого обезжиренного молока пенообразующая способность достигала 96%, а в напитке на основе сухой подсырной сыворотки – 73%.

В качестве наполнителя использовалось яблочное пюре. Благодаря высокому содержанию клетчатки и пектина яблочное пюре является природным загустителем, а пониженное значение pH равное всего 3,9 способствует общему снижению pH в

продукте. Яблочное пюре добавляли в следующих количествах – 7, 10, 13, 16 и 19 г на 100 г продукта. В результате для напитка на основе сухого обезжиренного молока было выбрано 16 г яблочного пюре, так как при добавлении 19 г пюре происходит расслоение продукта, из-за предельно низкого значения pH для молока 5,7 и по вкусу напиток становится кислым, даже при условии добавления 4 г сахар. А при внесении 16 г пенообразующая способность достигла 154%, а продукт приобрел нежный молочно-яблочный вкус. В других образцах (с меньшим внесение яблочного пюре) аромат и вкус яблочного пюре был лишь слегка ощутим.

В напитке на основе сухой подсырной сыворотки оптимальная доза внесения составила 19 г, при этом во всех образцах структура готового продукта сохранила свою однородность. Но, именно при добавлении 19 г пюре, был получен приятный молочно-яблочный вкус и аромат и наибольшая пенообразующая способность − 139%.

В итоге была разработана технология и рецептуры молочных взбитых напитков (табл. 4).

Таблица 4. Конечные рецептуры молочных напитков

Компонент	Количество компонента, %	
	1 образец	2 образец
Вода	70	63
Яблочное пюре	16	19
Сухое обезжиренное молоко	10	
Сухая подсырная сыворотка		15
Сахар	3,75	2,8
Ксантановая камедь	0,125	0,12
Гуаровая камедь		0,06
λ-каррагинан	0,1	
Быстрорастворимый желатин	0,025	0,02

В результате проведенного ряда экспериментов, было выяснено, что для молочного напитка на основе сухого обезжиренного молока лучше всего использовать стабилизационную систему № 2. С ее использованием пена получается взбитая и стойкая, а при добавлении яблочного пюре пенообразующая способность достигает 164%, стойкость спустя 2 ч составляла 80%. При этом относительная вязкость у такого образца ниже, чем у напитка с использованием первой стабилизационной системы. В свою очередь для напитка на основе сухой подсырной сыворотки лучше подошла стабилизационная система № 1, пенообразующая способность у нее составила 139% при добавлении яблочного пюре, а стойкость достигла 84%.

Срок годности продукта составляет 7 суток при температуре ±4°С.

Литература

1. Айменсон А. Пищевые загустители, стабилизаторы и гелеобразователи / Пер. с англ. Макаров С.В. – СПб.: Профессия, 2012. – 408 с.
2. Дидух О., Дидух Т. Молочная стабилизация // Переработка молока. – 2014. – № 2. – С. 32–34.
3. Dodi G., Hritcu D., Popa M.I. Carboxymethylation of guar gum: synthesis and characterization // Cellulose Chem Technol. – 2011. – V. 45(3-4). – P. 171–176.
4. Уайтхауз Ферт К. Выбор и использование гидроколлоидов // Пищевая промышленность. – 2008. – № 10. – С. 76–78.
5. Просеков А.Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: монография. – Кемерово, 2001. – 172 с.



Мулюкин Алексей Андреевич
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
кафедра информатики и прикладной математики,
группа № Р4217
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: alexprey@yandex.ru

УДК 004.428.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ, УСЛОВИЙ И ОГРАНИЧЕНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мулюкин А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Перл И.А.

Введение. Системная динамика – это направление моделирования, представляющее собой исследование нелинейного поведения сложных систем в течение длительного времени. Модели системной динамики описываются с помощью простых структур и связей, что позволяет применять данное моделирование в различных сферах деятельности, например, моделирование бизнес-процессов, экономические связи, здравоохранение, экология окружающей среды и т.д. [1, 2].

Выполнение сложных комплексных моделей системной динамики может потребовать все ресурсы персонального компьютера в течение длительного времени, во время которого использование персонального компьютера становится не возможным. Так же стоит учитывать тот факт, что на время всего моделирования требуется обеспечить непрерывную работу вычислительной системы. Отключение электропитания, может привести к потере результатов моделирования. В соответствии с этим было предложено решение по реализации специализированной облачной платформы, которая позволит производить выполнение моделей системной динамики удаленно [3, 4].

Два основных направления для достижения этой цели заключаются в разработке специализированного алгоритма системной динамики и в изучении и изменении процесса исполнения моделей системной динамики. Причем каждое из этих направлений не противоречит друг другу, и может применяться совместно [3, 5].

Распределенные алгоритмы. Во время проведения исследования было разработано несколько основных распределенных алгоритмов:

1. алгоритм разделения отрезков времени – данный алгоритм заключается в разбиение моделируемого времени на отдельные независимые отрезки, которые получаются путем выполнения модели с большим шагом моделирования;
2. алгоритм на основе сообщений – данный алгоритм основан на независимом исполнении каждого компонента модели. Каждый компонент взаимодействует друг с другом посредством обмена сообщениями с помощью центрального брокера сообщений. Таким образом, компоненты модели могут быть распределены между разными вычислительными узлами и могут выполняться независимо друг от друга.

После разработки данных алгоритмов, а также стандартного алгоритма на языке C# было проведено тестирование для получения таких показателей, как время работы алгоритма и точность получаемых результатов.

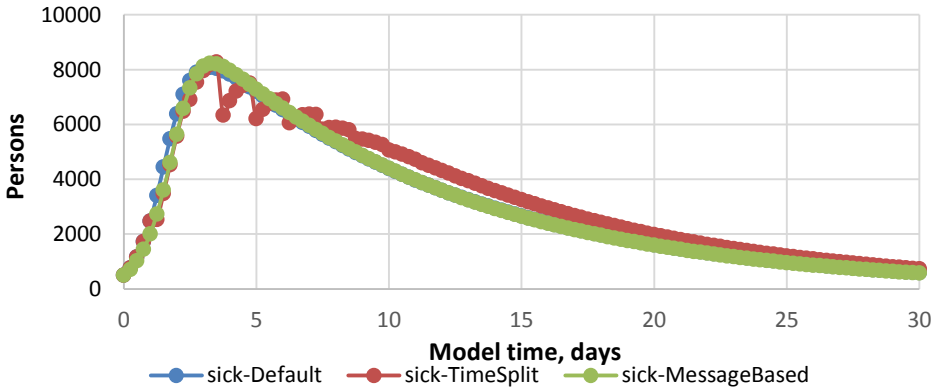


Рис. 1. Результаты моделирования, полученные разными алгоритмами

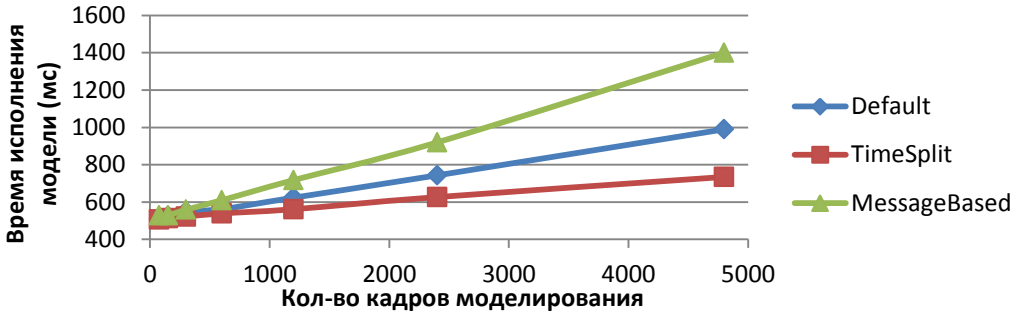


Рис. 2. График времени работы алгоритмов в зависимости от количества шагов моделирования

Как видно из приведенных графиков на рис. 1 и 2, алгоритм разделения отрезка моделируемого времени работает почти в два раза быстрее стандартного алгоритма, но данный алгоритм вносит большую погрешность для результатов, которые имеют не линейную функцию изменения значения. В тоже время, алгоритм на основе сообщений оказался менее производительным по сравнению со стандартным алгоритмом, это обусловлено тем, что данный алгоритм рассчитан в первую очередь на модели, которые состоят из большого множества компонентов, а тестирование проводилось на модели, состоящей из небольшого числа стоков и потоков. При дальнейшем изучении данного алгоритма было выявлено, что данный алгоритм работает эффективнее при больших потоках входных данных, которые поступают из систем в реальном времени для предсказания следующего состояния системы [4]. На рис. 3 представлен график, на котором видно, что чем больше входных данных подается на вход данному алгоритму, тем эффективнее он использует доступные вычислительные ресурсы.

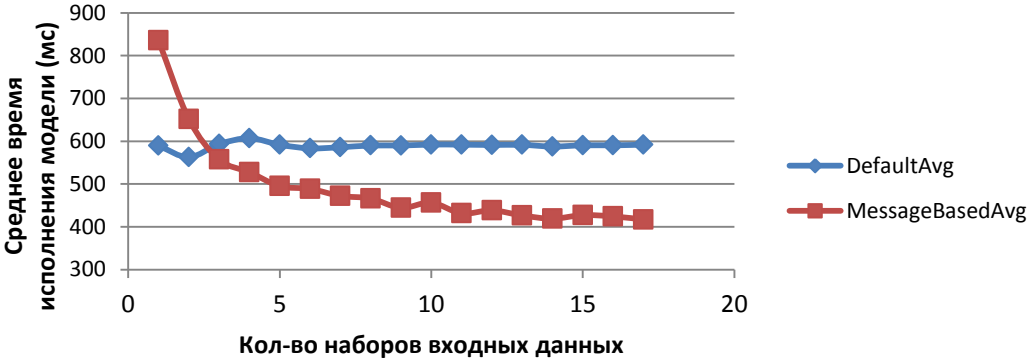


Рис. 3. График времени работы алгоритмов по отношению к количеству наборов входных данных для исследуемой модели системной динамики

Изменение процесса исполнения моделей системной динамики. Второй из подходов, который может быть использован для улучшения качества сервиса облачного моделирования – это улучшение процесса исполнения моделей. Под процессом исполнения подразумевается абстрактная последовательность действий, которые необходимо выполнить для получения результатов моделирования. Классический подход заключается в последовательном выполнении таких шагов, как:

1. чтение структуры модели;
2. чтение входных данных;
3. расчет кадров моделирования;
4. сохранение результатов моделирования;
5. анализ результатов.

Но последовательное выполнение приводит к таким проблемам, как большое использование оперативной памяти для хранения всех результатов моделирования перед непосредственным его сохранением. Также из-за этого откладывается процесс анализа результатов. И в результате этого для получения окончательного результата требуется затратить много процессорного времени. Таким образом, шанс падения процесса исполнения модели повышается. Также данный процесс не гарантирует надежности и в случае проблем с вычислительным узлом во время исполнения модели, все промежуточные результаты будут потеряны. При подробном разборе данных шагов можно улучшить данный процессов и построить его таким образом, что итоговое время исполнения модели будет меньше, а также повысится надежность системы. Для этого необходимо изменить шаги, отвечающие за расчет моделирования и сохранение результатов. Вместо последовательного выполнения данных шагов для всех кадров моделирования, необходимо делать это группами. Таким образом, сохранение результатов происходит как можно раньше и даже в случае прерывания процесса исполнения модели, его можно восстановить с минимальными потерями вычислительных ресурсов.

Для того, чтобы доказать это, были разработаны две системно-динамические модели, отображающие работу классического и нового процесса исполнения моделей системной динамики. Данные модели отвечают на такие вопросы как:

1. сколько времени потребуется для получения полного результата моделирования?
2. сколько необходимо использовать оперативной памяти для корректной работы процесса исполнения моделей системной динамики?

Результаты представлены на рис. 4 и 5.

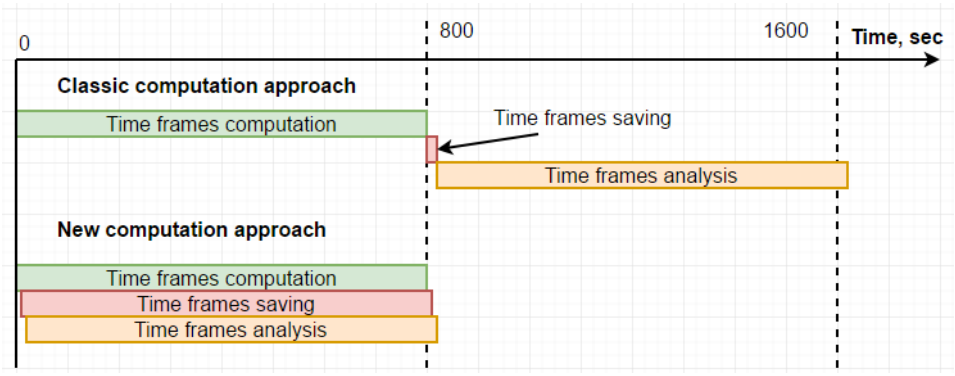


Рис. 4. Временная диаграмма шагов процесса исполнения моделей системной динамики

Также новый процесс исполнения моделей системной динамики позволит улучшить использование оперативной памяти, это видно на рис. 5.

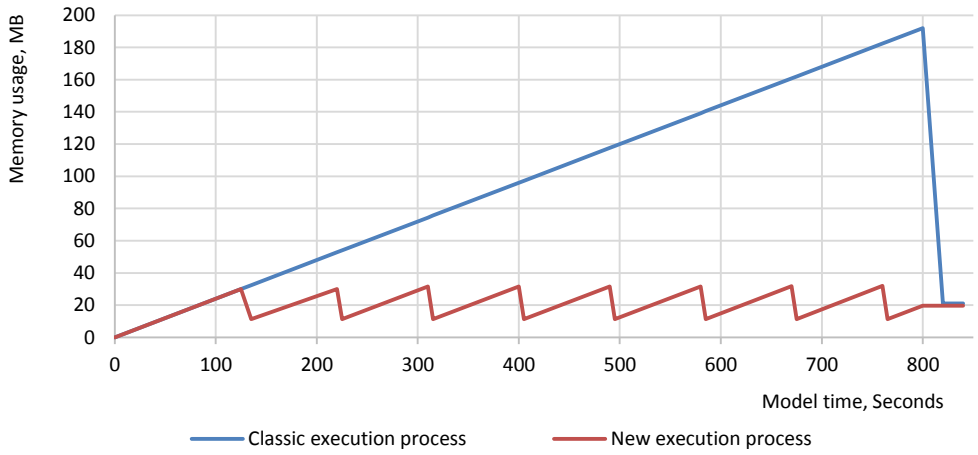


Рис. 5. График использования оперативной памяти во время исполнения модели системной динамики

При современном развитии технологий оперативной памяти разница между 32 Мб и 192 Мб используемого объема оперативной памяти не играют большой роли. Но если это касается облачных вычислений, то каждый небольшой кусочек, который будет сэкономлен, очень сильно влияет на общую вычислительную мощность, так как облачная платформа в первую очередь рассчитана на большую нагрузку.

Вывод. Исполнение моделей системной динамики является мощным инструментом, который имеет обширное применение в различных областях знаний. Проведение данной работы выделило два основных направления улучшения, которые могут быть применены к любым решениям, в частности к проекту облачного моделирования – sdCloud.

Первое направление – разработка распределенного алгоритма. Было разработано три алгоритма-прототипа, которые обладают своими уникальными преимуществами и недостатками. Поэтому для окончательного выбора алгоритма необходимо в первую очередь руководствоваться требованиями и условиями использования данных алгоритмов. Благодаря тому, что алгоритм на основе сообщений является эффективным для исполнения модели на больших потоках данных, то одной из лучших областей применения данного алгоритма – это расчет моделей системной динамики на входных данных, которые поступают в систему непрерывно. Такие данные могут генерироваться инфраструктурой системы интернета вещей [4].

Второе направление – это улучшение процесса исполнения моделей системной динамики в целом. Новый процесс, который был разработан в данной работе показал значительное уменьшение затрат памяти, необходимых для исполнения модели системной динамики, а также показал значительный прирост надежности по сравнению с классическим подходом для исполнения моделей системной динамики.

Литература

1. Sterman J.D. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. – USA, Cambridge, Massachusetts: MIT, 2002. – 32 p.
2. Forester J.W. The Beginning of System Dynamics. – USA, Cambridge, Massachusetts: MIT, 1989. – 16 p.

3. Мулюкин А., Перл. И. Обзор возможностей оптимизации процесса моделирования системной динамики // Сб. трудов V Конгресса молодых ученых. – 2016. – Т. 2. – С. 39–42.
4. Perl I., Mulyukin A., Kossovich T. Continuous Execution of System Dynamics Models on Input Data Stream // Proceeding of the 20th conference of FRUCT association. – 2017. – P. 371–376.
5. Mulyukin A., Kossovich T., Perl I. Effective Execution of Systems Dynamics Models // Abstracts of the 19th Conference of Open Innovations Association FRUCT. – 2016. – P. 358–364.



Назаров Эдгар Хейирович
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: adikforever@mail.ru

УДК 681.7.022.2:678.027.74:65.011.56:004.02

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ

Назаров Э.Х.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Помпеев К.П.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 116021950008 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

При проектировании изделий, используемых в различных сферах человеческой деятельности, для изготовления деталей и узлов все большее распространение получают пластмассы, вытесняя металлические материалы [1]. Одним из распространенных производственных процессов получения деталей из термопластичных материалов (ТПМ) является литье под давлением. В этой сфере применительно к приборостроению в последнее время наблюдается тенденция к переходу от массового типа производства к средне- и мелкосерийному. Технологическая подготовка производства (ТПП) полимерных изделий литьем под давлением длительный и трудоемкий процесс, требующий привлечения высококвалифицированных специалистов и использования большого объема информации, имеющейся в различных источниках (справочники, каталоги, базы данных и т.п.) [2–4]. Сократить длительность этого процесса и снизить его трудоемкость позволяет автоматизация различных этапов проектирования. При этом одной из слабо формализованных задач является процесс рационального выбора оборудования (термопластавтоматов (ТПА)) и дополнительного оснащения (ДО). В современном мире актуальна концепция цифрового производства, функционирующего на основе единой модели данных об объектах (изделиях), процессах и производственной системе, и использующего цифровые методы планирования, моделирования, мониторинга и управления производством [5]. Применение данной концепции должно помочь в решении этих слабо формализованных задач.

В настоящее время существует большое множество различных методов литья, с помощью которых можно получать изделия, имеющие различные свойства. В связи с этим возрастает количество различного ТПА и ДО, необходимого для реализации процесса литья, что затрудняет процесс их выбора.

Каждый производитель решает вопросы рациональности выбора того или иного ТПА для выполнения поставленных задач. Так, например, может быть заказана партия изделий, установленные сроки изготовления которой очень короткие. Производитель может принять решение о покупке дополнительной единицы ТПА, в связи с чем может возникнуть вопрос о выборе этого оборудования.

Но покупка ТПА для изготовления какого-либо одного конкретного изделия может оказаться нерациональным выбором. Поэтому возникает необходимость тщательного выбора ТПА, рассматривая все возможности производства.

Реализация некоторых видов литья возможна и без покупки специального ТПА. Достаточно приобрести ДО или модифицировать уже имеющееся ТПА, что позволит сократить затраты на производство.

Стоит отметить, что данные о ТПА, ДО и видах литья находятся в разрозненных, не связанных между собой источниках, поэтому выбор ТПА, как правило, осуществляет высококвалифицированный специалист, основываясь на личном опыте. Оценить правильность выбора не представляется возможным на его раннем этапе. Для снижения влияния субъективного фактора в процессе выбора ТПА и ДО необходимо проанализировать имеющуюся разрозненную информацию, определить параметры, оказывающие влияние на выбор ТПА и ДО, установить критерии выбора, сформулировать правила принятия решений и разработать соответствующие алгоритмы.

Основной **целью работы** является повышение эффективности ТПП изделий из ТПМ литьем под давлением за счет автоматизации процесса выбора ТПА и ДО.

Для выполнения поставленной цели требуется решить следующие основные задачи:

- проанализировать различные виды литья;
- определить основные параметры ТПА;
- сформулировать правила выбора ТПА и ДО;
- сформировать базу данных;
- создать базу знаний;
- разработать алгоритм выбора ТПА и ДО;
- использовать возможности PLM-системы SmarTeam для достижения поставленной цели.

Существует множество различных нетрадиционных технологий литья под давлением, которые классифицированы по основным методикам. В данной работе рассматриваются следующие:

- многокомпонентное литье;
- литье с газом;
- MuCell – технология;
- In-mold decoration.

Задачей многокомпонентного литья является автоматическое производство изделий более чем из одного полимерного материала в рамках одного рабочего цикла. В данном процессе каждый цвет или полимер четко разграничен друг от друга. Для выполнения поставленных задач в качестве дополнительной (специальной) оснастки используются такие элементы как: поворотный модуль, робот, гидравлический или электрический сервопривод, подвижные пуансоны, дополнительные узлы впрыска.

При литье с газом уплотнение полимера происходит за счет давления газа непосредственно на область изделия или вблизи этой области, поэтому процесс проходит легче, чем в обычном литье под давлением. Для реализации такого метода возможны несколько вариантов подачи газа: через газовые каналы, в литниковую систему, в сопло литьевой машины. Для каждого впуска часто требуется отдельная газовая линия.

MuCell – технология микро молекулярного вспенивания полимера, суть которой заключается в том, что инертный газ (углекислый газ или азот) в суперкритическом жидком состоянии вводится в полимер и производит равномерное вспенивание массы с образованием одинаковых по размеру микроскопических пузырьков. Жидкий инертный газ впрыскивается инжектором непосредственно в цилиндр пластификатора и равномерно смешивается с полимерным расплавом, так что в качестве дополнительного оборудования требуется модуль подготовки газа до суперкритического жидкого состояния и дозированной подачи его в пластификатор.

IML/IMD (In-mold decoration) – метод поверхностного декорирования пластиковых изделий специальными пленочными носителями. Включает в себя установку в форму фрагмента пленки или фольги с последующим впрыском расплава полимерного материала с внутренней стороны фрагмента, что приводит к получению изделий с поверхностью, формируемой пленкой/фольгой.

Основными характеристиками термопластавтоматов (ТПА) являются:

– усилие запирания формы. При увеличении площади литья возникает необходимость в повышении усилия, требуемого для запирания формы. При работе на машинах с небольшим усилием запирания можно получать детали высокого качества только при наличии специальных режимов (со сбросом давления), а также при использовании специальных технологий литья под давлением, таких как литье со вспенивателями, литье с газом. Усилие запирания формы определяет конструкцию механизма смыкания ТПА;
– объем впрыска ТПА. Значения этого объема варьируются, начиная с долей кубических сантиметров и заканчивая десятками кубических дециметров, что с учетом размеров и количества одновременно получаемых полимерных изделий может ограничивать возможность их изготовления;
– расстояние между плитами и ход подвижной плиты. Максимальное расстояние между плитами и ход подвижной плиты определяют максимальную высоту формы с учетом обеспечения процесса извлечения готовых изделий, а, следовательно, высоту изделия, которую можно получить на данной машине;
– расстояние между колоннами. Продольное и поперечное расстояния лимитируют максимальные размеры литьевых форм, а также наличие специфических элементов их конструкций.

Для реализации алгоритма выбора ТПА и ДО для литья полимерных изделий необходимо обеспечить работу базы знаний, которая должна включать в себя правила выбора ТПА и ДО.

База знаний состоит из следующих правил:

1. в список ТПА из базы данных (БД) ТПА выбираются все ТПА, у которых усилие смыкания не меньше расчетного усилия запирания;
2. скорректировать список ТПА с соблюдением следующего условия – объем впрыска не меньше расчетного;
3. скорректировать список ТПА с соблюдением следующего условия – расстояния между колоннами и ход подвижной плиты не меньше расчетных значений.

Окончательный список ТПА формируется с учетом реальной производственной обстановки (наличия оборудования или его занятости);

4. в список ДО из БД ДО выбираются все ДО, которые соответствуют заданному виду литья.

Описанные параметры и правила используются в предлагаемом алгоритме выбора ТПА и ДО для литья изделий из ТПМ.

После создания алгоритма выбора ТПА и ДО формируется профильная карта оборудования в PLM-системе (рис. 1), которая содержит информацию об этом оборудовании и с помощью которой можно осуществлять поисковые запросы по заданным параметрам.

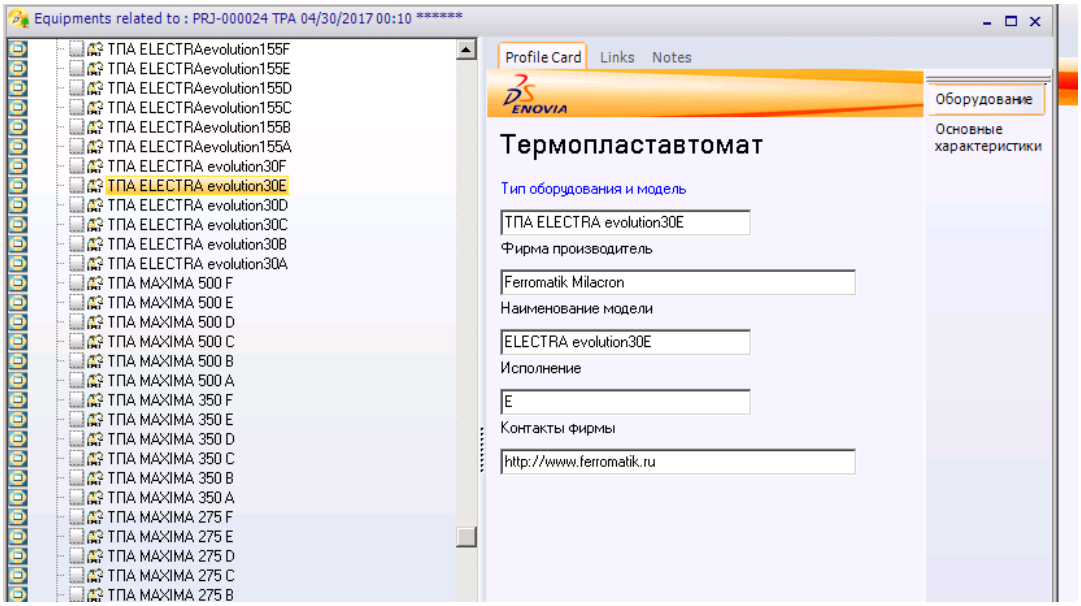


Рис. 1. Профильная карта ТПА

Результатом поискового запроса является список ТПА и ДО, который можно сортировать по необходимым параметрам (рис. 2).

	Class	TIP_OBORUDOV
1		ТПА ELECTRA evolution30A
2		ТПА ELECTRA evolution30B
3		ТПА ELECTRA evolution30C
4		ТПА ELECTRA evolution30D
5		ТПА ELECTRA evolution30E
6		ТПА K-TEC 40 S A
7		ТПА K-TEC 40 S B
8		ТПА KuASY 100-25 A
9		ТПА KuASY 100-25 B
10		ТПА KuASY 100-25 C

Рис. 2. Результат поискового запроса

Таким образом, сформированный алгоритм и выявленные параметры оборудования и литьевой оснастки позволяют принимать экономически обоснованные решения, снизить влияние на них субъективного фактора, а также повысить общий уровень автоматизации ТПП, что является непременным условием функционирования предприятия, реализующего в своей работе концепцию цифрового производства.

Литература

1. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пособие. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.
2. Менгес Г., Микаэли В., Морен П. Как делать литьевые формы. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.

3. Казмер Д.О. Разработка и конструирование литьевых форм / Пер. с англ. под ред. В.Г. Дувидзона. – СПб.: Профессия, 2011. – 464 с.
4. Дувидзон В.Г. Быстрое изготовление пилотных серий деталей из термопластичных полимерных материалов // Полимерные материалы. – 2013. – № 6. – С. 4–9.
5. Anderl R. Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mafiadoc.com/industrie-40-advanced-engineering-of-smart-_598183a21723ddea5671df13.html, своб.



Никандрова Анна Викторовна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: anyuta-nika@mail.ru

УДК 608.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШТАММОВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ ВИДА *ASPERGILLUS ORYZAE* ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ

Никандрова А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.

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

Как известно, наибольший процент применяемых пищевых добавок и ингредиентов в пищевой промышленности поставляются в Россию из-за рубежа. Прежде всего, они наиболее подходят по критериям качества и цены. Поэтому разработка новых научно-обоснованных биотехнологий производства и применения ферментных препаратов актуальна [1].

В основе большинства биотехнологий в промышленности и сельском хозяйстве лежат каталитические процессы, осуществляемые ферментами микробного происхождения. Особое значение в настоящее время придается ферментным препаратам амилолитического действия. Ферментные препараты, проявляющие амилолитическую активность, являются активными биокатализаторами, многократно увеличивающими скорость гидролиза крахмала, что приводит к улучшению физико-механических свойств мякиша, органолептических свойств готового изделия, продлению его свежести.

Одним из продуцентов амилолитических ферментов является род аэробных плесневых грибов *Aspergillus oryzae.* Данный микромицет широко используют в японской кухни для сбраживания бобов, риса и приготовления соевого соуса [2].

Целью работы является поиск нужного микромицета из объектов внешней среды и дальнейшее исследование процесса его культивирования с целью получения амилолитического фермента.

В связи с этим стояло осуществление следующих задач:

1. проанализировать источники литературы с целью выбора объектов внешней среды и вида продуцента амилазы для исследования;

2. выделить микромицет из объектов внешней среды;
3. выполнить скрининг выделенных штаммов по морфологическим признакам нужного вида *Aspergillus oryzae*;
4. идентифицировать выделенные штаммы с помощью выделения ДНК методом ПЦР-реакции;
5. осуществить культивирование выделенного микромицета на различных питательных средах с целью получения амилолитического фермента глубинным способом;
6. оценить амилолитическую активность выделенного микромицета;
7. оценить возможность применения молочной сыворотки в качестве питательной среды для микромицета.

Объекты и методы. В качестве объектов исследований использовали почвы различного географического положения из коллекции ФГБУ ВНИИСХМ; длиннозерный рис второго сорта. В исследовании использовали среду Чапека с добавлением молочной кислоты в расчете 4 мл кислоты на 1 л питательной среды.

Исследования проводили с использованием микробиологических, молекулярно-биохимических, спектрометрических методов анализа:

1. метод последовательных разведений почв;
2. выделение ДНК из мицелия грибов после заморозки и диспергирования в СТАВ с фенол-хлороформовой экстракцией и осаждением изопропанолом;
3. ПЦР-реакция с использованием праймеров на ITS1-ITS4 регион;
4. метод очистки ДНК путем отделения из геля;
5. секвенирование на 8-и канальном секвенаторе SEQ8000;
6. гель-электрофорез выделенных ДНК;
7. метод определения амилолитической активности по ГОСТ Р 54330-2011 с использованием ФЭК (КФК-2, СССР).

Результаты исследований. В результате проведенных посевов 4, 5, 6 разведений почв и риса на чашки Петри со средой Чапека с молочной кислотой (4 $см^3$ молочной кислоты на 1 л среды) было выделено 20 изолятов грибов с почв и риса из которых по культурально-морфологическим признакам нужного нам вида *Aspergillus oryzae* было отобрано 15 физиологически активных штамма гриба, отличающихся наиболее высокой скоростью роста. Данные штаммы были выделены в чистые культуры микроскопических грибов (табл. 1).

Таблица 1. Составы питательных сред в граммах компонента на литр воды

Среда №1	г/л	Среда № 3	г/л	Среда № 4	г/л
Крахмал	30	Крахмал	15	Соевая мука	30
KH_2PO_4	10	Отруби пшеничные	20	Ячменная мука	50
		Ячменная мука	30	KH_2PO_4	15
		KH_2PO_4	15		
Среда № 5	г/л	Среда № 7	г/л	Среда № 8	г/л
Соевая мука	60	Соевая мука	60	Овсяные хлопья	40
Отруби	20	Овсяные хлопья	35	Крахмал	35
пшеничные	15	KH_2PO_4	15	Дрожжи	20
KH_2PO_4				KH_2PO_4	15

По результатам выделения ДНК и проведения секвенирования выделенных изолятов идентифицировался один штамм *Aspergillus oryzae*, который был выделен с образца длиннозерного риса (рис. 1).



Рис. 1. Выделенный микромицет *Aspergillus oryzae*

Исследования по глубинному культивированию штамма велись при комнатной температуре (*t*=25–27°С). Составы сред были подобраны в соответствии требованиям микроскопического гриба *Aspergillus oryzae*.

При исследовании микромицета NA-3, выращенного при глубинном культивировании на средах различного состава было выявлено, что данный микромицет имеет наибольшую ферментативную способность по накоплению амилолитических ферментов на третьи сутки после начала культивирования, на средах № 8 и № 3 (рис. 2).

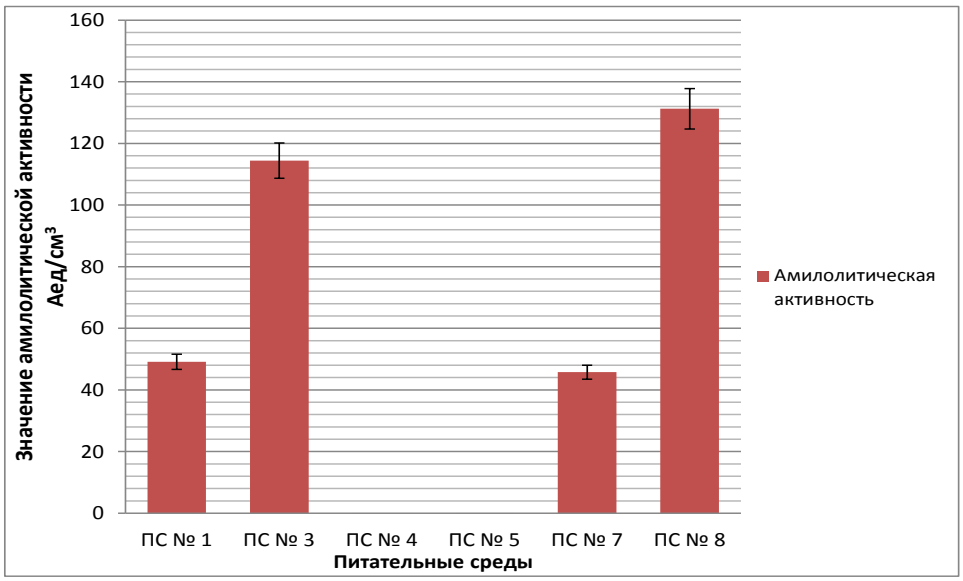


Рис. 2. Значение амилолитической активности при глубинном культивировании *Aspergillus oryzae*, ед/см^3

Дальнейшее исследование было направлено на глубинное культивирование *Aspergillus oryzae* на средах с добавлением молочной сыворотки. Молочная сыворотка вводилась, как сырье наиболее богатое углеводами и витаминами, а также богатым составом макро- и микроэлементами. Для проведения данного опыта были использованы составы сред, на которых микромицет показал наивысшую амилолитическую активность, а именно среды № 3 и № 8 (табл. 2).

Таблица 2. Составы питательных сред с добавлением молочной сыворотки

Среда № 3/1	г/л	Среда № 8/1	**г/л**
Крахмал	15	Овсяные хлопья	40
Отруби пшеничные	20	Крахмал	35
Ячменная мука	30	Дрожжи	20
KH_2PO_4	15	KH_2PO_4	15
H_2O	750 мл	H_2O	750 мл
Молочная сыворотка	250 мл	Молочная сыворотка	250 мл
Среда № 3/2	г/л	Среда № 8/2	г/л
Крахмал	15	Овсяные хлопья	40
Отруби пшеничные	20	Крахмал	35
Ячменная мука	30	Дрожжи	10
KH_2PO_4	15	KH_2PO_4	15
H_2O	875 мл	H_2O	875 мл
Молочная сыворотка	125 мл	Молочная сыворотка	125 мл

При глубинном культивировании микромицета на средах с добавлением молочной сыворотки выявлен высокий рост микромицета на средах с крахмалосодержащим сырьем и небольшом добавлении молочной сыворотки. По результатам определения амилолитической активности наблюдалась низкая степень продуцирования ферментов амилолитического действия.

Выводы

1. На основании литературных источников одним из объектов исследования выбран микромицет вида *Aspergillus oryzae*.
2. В результате выделения микроорганизмов из почвы и риса на чашках Петри с подобранной питательной средой выделено 20 различных микромицетов.
3. По итогам скрининга выделенных изолятов по культурально-морфологическим признакам нужного нам вида *Aspergillus oryzae* было отобрано 15 физиологически активных микромицета.
4. Для идентификации выделенных изолятов молекулярно-генетическим методам выделили ДНК 11 образцов. В результате ПЦР-реакции, которую проводили с использованием праймеров на ITS1-ITS4 регион, были получены ампликоны 9 образцов из 11.
5. По итогам секвенирования изолят NA-3 был идентифицирован как необходимый нам микромицет *Aspergillus oryzae*. Видовая принадлежность каждого образца была определена с помощью программы BLAST GenBank.
6. Исследование штамма *Aspergillus oryzae* по способности синтезировать амилолитические ферменты при глубинном культивировании показало, что наибольшая ферментативная способность проявлялась по накоплению амилолитических ферментов на средах № 3, № 8, имеющих в своем составе крахмалосодержащее сырье.
7. Глубинное культивирование микромицета NA-3 на питательных средах, содержащих молочную сыворотку и крахмал, показало невысокую амилолитическую активность. Возможное применение молочной сыворотки в качестве питательной среды требует дальнейшего исследования.

Литература

1. Жаринов А.И., Горлов И.Ф., Нелепов Ю.Н., Соколова Н.А. Пищевая биотехнология: научно-практические решения в АПК: монография. – М.: Вестник РАСХН, 2007. – С. 224–231.

2. Патент РФ № 2315096. кл. № 1/14, 2008. штамм гриба Aspergillus oryzae – продуцент комплекса протеиназ, – амилазы и ксиланазы.



Пугачев Алексей Александрович
Год рождения: 1994
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных система, группа № М4223
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: terixoid@gmail.com

УДК 004.85

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРАЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА К РЕЧЕВОЙ ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Пугачев А.А.
Научный руководитель – д.т.н. Карпов А.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 616029 «Разработка и исследование методов и алгоритмов распознавания эмоционального и психофизического состояния человека по многомодальным данным».

В работе описана архитектура нейронной сети (НС), позволяющая, анализировать акустические характеристики речи, а также с высокой точностью определить, обращается ли пользователь к системе.

Цель работы: создание глубокой НС, способной анализировать акустические характеристики речи пользователя и присваивать всему высказыванию метку о том, говорит ли пользователь с системой.

На сегодняшний день получают большую популярность системы на основе автоматического распознавания речи. Такие системы пока еще недостаточно развиты для того, чтобы человек мог свободно с ними общаться – ему приходиться четко выговаривать все слова, делая длительные паузы между ними. Тем не менее, такие системы уже сейчас показывают свою эффективность и удобство в использовании.

Многие компании создают на основе технологий распознавания речи свою продукцию: например, компания Google создала систему «О'Кей, Google», которая реагирует на словосочетание «О'Кей, Google» и оформляет запрос, следующий после этого словосочетания для поиска в интернете. Аналогичные технологии имеются у Apple, Microsoft и др.

Подавляющее большинство технологий голосового взаимодействия между человеком и компьютером используют контрольные слова. Данный подход является наиболее простым и достаточно эффективным, но порождает недоверие пользователя к подобным системам – например, в случае автоматизации колл-центров пользователь отказывается от помощи компьютера и просит соединить его с человеком.

Небольшим шагом к решению проблемы недоверия пользователя к автоматическим диалоговым системам является создание системы, реагирующей не на контрольное слово, а на тему высказывания человека, на то, как он произносит высказывание и смотрит ли он на монитор, при его наличии.

Система на основе определения темы высказывания человека является лучшим выбором для узкоспециализированных диалоговых систем, например, систем навигации – пользователь в подавляющем большинстве ситуаций будет запрашивать объект на карте.

Наиболее часто используемый подход для создания унимодальной системы определения обращения человека к автоматической диалоговой системе является анализ текстовой модальности на основе, которой формируется тема высказывания и, если тема совпадает с темой системы, то происходит взаимодействие с запросом.

В работах [1, 2], используется данный подход. В работе [1] есть четыре базы данных – две базы с взаимодействием между компьютером и человеком и две с взаимодействием между двумя людьми.

Первым методом анализа текста в данной работе является создание языковой модели на основе *N*-грамм. Данная модель рассчитывает вероятность появления последнего слова из последовательности *N* слова, при условии появления *N*–1 предыдущих слов. Создаются две языковые модели:

1. на основе баз данных с взаимодействием между людьми $P(w|H)$;
2. на основе баз данных с взаимодействием между человеком и компьютером $P(w|C)$.

Далее на основе полученных моделей используется формула нормализованной по длине функции максимального правдоподобия:

$$\frac{1}{|w|}\log\frac{P(w|C)}{P(w|H)},$$

где $|w|$ – количество слов в анализируемом высказывании *w*.

Проблемой данного метода является наличие внесловарных слов, т.е. слов, которые не участвовали в обучении. Наличие данных слов может значительно снизить качество системы.

Для решения данной проблемы используется метод замены слов, редко встречающихся в обучающих данных на соответствующее им название части речи [3]:

– оригинал: Let’s find an Italian restaurant around this area;
– после замены на части речи: Let’s find an JJ NN around this area.

Слова Italian и restaurant были заменены, остальные слова встречаются в обучающих данных часто. Далее используется тот же алгоритм, что и в первом методе.

Для оценки качества полученных моделей используется метрика EER (Equal Error Rate) [4]:

$$FPR = \frac{FP}{N};$$

$$FNR = \frac{FN}{P},$$

где FPR – частота неправильно классифицированных положительных элементов на выбранном кадре; FP – количество неправильно классифицированных положительных элементов на кадре; N – общее число отрицательных элементов на кадре; FNR – частота неправильно классифицированных отрицательных элементов на кадре; FN – количество неправильно классифицированных отрицательных элементов на кадре; P – общее число отрицательных элементов на кадре.

Далее для всех кадров строятся графики FNR и FPR, и их пересечение будет являться значением EER.

Результаты данной работы:

– для первого метода: EER=27,9;
– для второго метода: EER=14,625.

Система на основе анализа акустических свойств речи показывают свою эффективность, когда система не специализирована. На данный момент такие систем все еще эффективны, но с развитием технологий автоматического распознавания речи

их эффективность будет падать, так как пользователю все меньше и меньше придется подстраивать свою речь.

Системы на основе отслеживания направления взгляда могут использоваться для улучшения точности других систем, так как не на каждую систему пользователь будет смотреть, т.е. данная система слишком ситуативна и не эффективна без других систем.

Для создания подобных систем можно использовать такие методы машинного обучения, как глубокие НС. Данные методы показывают свою эффективность в областях распознавания речи, распознавания изображений, анализа текста и др.

Для создания точной системы на основе глубоких НС необходима достаточно большая база обучающих данных.

В качестве данных для обучения НС использовался корпус SmartWeb [1]. Данный корпус содержит синхронизованные данные для текстовых, аудио и видео модальностей. В данной работе использовалась аудио часть, так как является наиболее значимой независимой от контекста модальностью.

Признаки для НС извлекались с помощью программного обеспечения OpenSmile [2] конфигурации 2013 года. Данная конфигурация позволяет извлекать из высказывания вектор с размерностью 6373, содержащий аудио признаки.

НС разрабатывалась с помощью программного обеспечения TensorFlow [5]. Данное программное обеспечения предоставляет широкий инструментарий для разработки НС, такой как: реализованные различные методы оптимизации, классические НС (полносвязные, сверточные, рекурентные НС), различные методы настройки параметров сетей, возможность вычисления на графических процессорах и др.

В данной работе была реализована полносвязная НС с входным слоем размерностью 6373 нейронов, 2 скрытых слоя по 3000 нейронов в каждом слое, выходной слой с 2 нейронами. В качестве метода оптимизации использовался стохастический градиентный спуск с импульсом с параметром массы равным 0,6. Данная модификация стохастического градиентного спуска позволяет пропускать некоторые локальные минимумы, что сильно повышает точность. За функцию ошибки была взята кросс-энтропия. Параметр скорости обучения регулировался автоматически в ходе обучения: выделялся набор данных из набора для обучения в размере 10% от каждого класса. Данный набор данных использовался только для замера точности после каждой эпохи. Если на кросс-валидационной выборке после прохождения одной из эпох точность уменьшалась по сравнению с предыдущей эпохой на значение больше порогового, то параметр скорости обучения уменьшался в два раза.

В качестве метрики для оценки точности классификатора использовалась *F*-мера, так как в случае с двумя классами, начальное значение точности – 0,5 и отклонения от этого значения свидетельствует об улучшении результатов. Значения *F*-меры распределены от 0 до 1, что более наглядно и не вводит в заблуждение.

Для более точной оценки результатов классификации и настройки параметров модели были выделены две кросс-валидационные выборки. Для более точной оценки использовалась *k*-fold кросс-валидация с *k* равным 14. Для регулирования параметров была выделена выборка из набора для обучения в размере 10%.

В результате данной работы была создана НС с результатом *F*-меры 0,79 (рис. 1), что является одним из лучших результатов анализа акустических данных по данной задаче, опубликованных на сегодняшний день. Значения точности значимо не отличаются от значений *F*-меры.

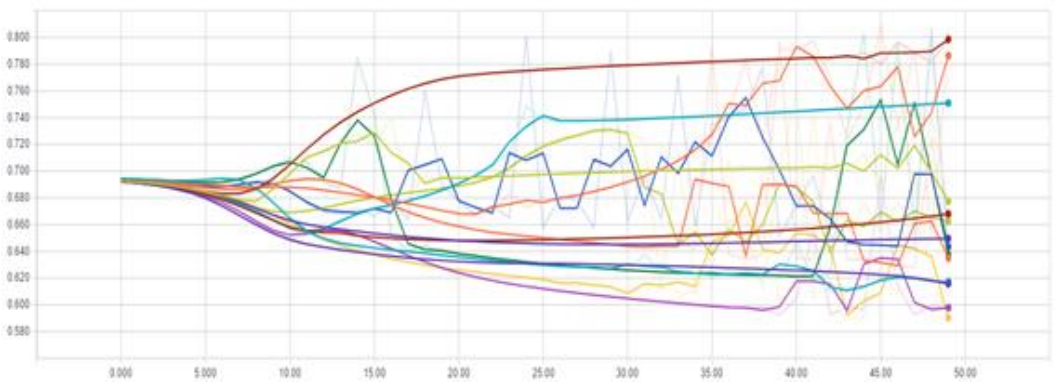


Рис. 1. 14 функций ошибок без оптимизации скорости обучения

В ходе экспериментов была разработана глубокая НС, показывающая высококачественный результат используя только одну модальность. Данная НС является устойчивой к плохой инициализации благодаря методу множественной инициализации с последующим дообучением. Результат полноты равный 0,75 (рис. 2) превосходит на 0,1 оригинальную систему, работающую с акустикой авторов корпуса и на 0,07 их мультимодальную систему. Судя по имеющимся графикам, представленные результаты не являются максимальными для данного метода, что дает возможность продолжать исследования. Также работа может быть продолжена в направлении использования принципиально других типов НС, таких как LSTM, которые отлично себя зарекомендовали в задачах распознавания речи, можно проводить эксперименты с CNN, извлекая с помощью них признаки.

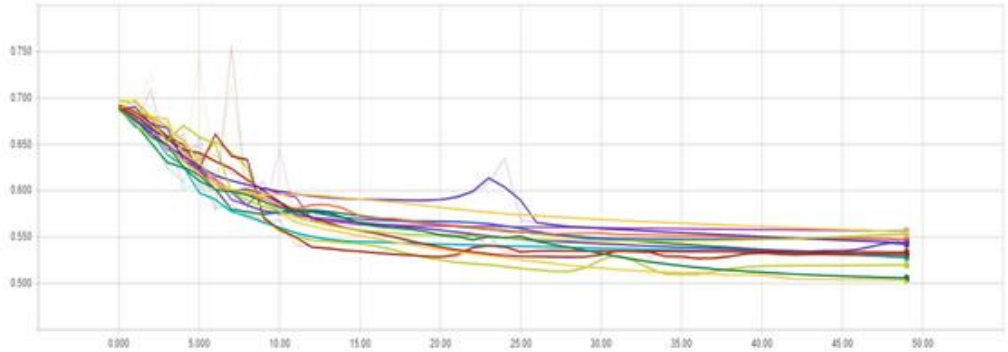


Рис. 2. 14 функций ошибок с оптимизацией скорости обучения

В данной работе была разработана глубокая НС, анализирующая акустические свойства речи. Данная НС, несмотря на унимодальность имеет высокое качество и из-за отсутствия анализа текста является независимой от языка.

Начальный этап исследований предполагал изучение существующих решений проблемы в ходе, которого было выяснено, что методы глубокого обучения в данной задаче не применялись.

На следующем этапе была проанализирована теория глубокого обучения, которая позволила выяснить необходимые подходы к созданию правильной архитектуры НС под данную задачу и оптимизировать время экспериментов, что позволило продвинуться в исследованиях гораздо дальше.

В ходе экспериментов были исследованы влияния параметров НС на ее качество. Среди этих параметров были:

1. методы оптимизации функции ошибки;
2. размеры минибатчей;
3. размерность скрытых слоев.

Помимо этого, были разработаны метод оптимизации скорости обучения и метод множественной инициализации весов для обхода инициализации в глобальном минимуме.

Литература

1. Lee H., Stolcke A., Shriberg E. Using Out-of-Domain Data for Lexical Addressee Detection in Human-Human-Computer Dialog // Proc. NAACL. – 2013. – P. 221–229.
2. Shriberg E., Stolcke A., Ravuri S. Addressee Detection for Dialog Systems Using Temporal and Spectral Dimensions of Speaking Style // Proc. of Interspeech. – 2013. – P. 2559–2563.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://audeering.com/technology/opensmile/, своб.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tensorflow.org/, своб.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.phonetik.uni-muenchen.de/Bas/BasSmartKomPubliceng.html, своб.



Пузырев Николай Александрович
Год рождения: 1992
Факультет технологического менеджмента и инноваций, кафедра технологического предпринимательства и управления инновациями, группа № U4270
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: nikolay@pzrv.ru

УДК 330.46

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБКИХ МЕТОДОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ

Пузырев Н.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Дружков К.В.

Современная рыночная среда с каждым годом становится все более непредсказуемой, и в настоящее время совершенно типичны ситуации, когда цели и задачи проекта теряют свою актуальность еще до его выхода на рынок. В таких условиях скорость разработки и внедрения нововведений становится одним из важнейших конкурентных преимуществ компаний в большинстве отраслей экономики. Данное положение дел обуславливает актуальность данного исследования, поскольку современные молодые технологические компании все чаще в своем развитии опираются на новые подходы к развитию организации [1–5].

Переход на гибкие методологии разработки является адекватным ответом на вызовы современного рынка. Гибкими методологиями разработки можно назвать широкое семейство методов и подходов, разделяющих ценности и принципы манифеста гибких методологий разработки. Главным отличием гибких методологий управления проектами является то, что они ставят людей, жизнеспособный продукт и открытость изменениям выше множественных согласований, бюрократии и разработки многолетних планов, свойственных классическим водопадным моделям управления.

Какие именно преимущества для технологических компаний может нести переход от классических водопадных моделей управления проектами к гибким

методологиям? Как такой переход может быть осуществлен, и с какими проблемами столкнется компания непосредственно во время внедрения гибкой методологии управления и после него? Именно такими вопросами задавался автор в своем исследовании.

Целью исследования являлось изучение возможностей применения гибких методологий управления проектами в технологической компании на примере ООО «Эваполар».

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. рассмотреть предпосылки возникновения различных подходов к управлению проектами;
2. рассмотреть особенности реализации классических и гибких методологий управления проектами;
3. разработать план внедрения гибкой методологии управления проектами в ООО «Эваполар»;
4. разработать дополнительные меры по преодолению сопротивления изменениям со стороны сотрудников ООО «Эваполар».

Объектом данного исследования выступали современные технологические компании, являющиеся средой непосредственной реализации гибких методологий управления проектами. Предметом исследования являлись системы проектного менеджмента, принятые в данных компаниях.

Научная новизна исследования состоит в разработке авторского подхода к внедрению гибкой методологии управления проектами в технологических компаниях с учетом стадии жизненного цикла компании и особенностей ее организационной структуры.

Теоретические результаты исследования могут служить основой для дальнейшей разработки более универсального и глубокого подхода к интеграции гибких методологий управления проектами в организациях.

Практическая значимость работы заключается в подготовке конкретного плана внедрения гибкой методологии управления проектами в текущую деятельность ООО «Эваполар» с целью поддержания процесса стремительного масштабирования компании и необходимости быстрой адаптации продукта компании на новых рынках сбыта.

В ходе работы был разработан проект внедрения гибкой методологии управления проектами для компании ООО «Эваполар», состоящий восьми этапов, представленных в таблице.

Таблица. План внедрения гибкой методологии в ООО «Эваполар»

№	Этап внедрения	Задействованные участники	Ориентировочная продолжительность (в рабочих днях)
1	Убеждение руководства в необходимости изменений	Руководители компании	14
2	Создание четкого видения изменений	Руководители компании	14
3	Донесение видения	Все сотрудники компании	7
4	Формирование команды пилотного проекта	Все сотрудники компании	7
5	Запуск пилотного проекта и устранение препятствий	Команда пилотного проекта	28
6	Демонстрация первых побед	Все сотрудники компании	7

№	Этап внедрения	Задействованные участники	Ориентировочная продолжительность (в рабочих днях)
7	Распространение новой методологии управления	Все сотрудники компании	49
8	Закрепление изменений в корпоративной культуре компании	Все сотрудники компании	35
Итого:			161

В качестве пилотного проекта был выбран проект запуска краудфандинговой компании на платформе IndieGoGo. Для пилотного проекта был описан процесс организации работы проектной группы по методологии Скрам с некоторым заимствованием из методологии Канбан в виде Канбан-доски, изображенной на рисунке. В столбцах перечислены основные этапы производственного цикла. Цифры внизу означают максимально допустимое количество задач, находящихся в работе на каждом производственном этапе. Это необходимо для того, чтобы команда не распыляла свои усилия и могла сфокусироваться. Кроме того, такой подход позволяет руководителю проекта и команде наглядно видеть узкие места проекта и своевременно принимать меры для их устранения.

Заплани-ровано	Проектирование		Дизайн		Внедрение		Сделано
…	В работе	Готово	В работе	Готово	В работе	Готово	…
	…	…	…	…	…	…	
	3		2		3		

Рисунок. Канбан-доска для пилотного проекта

В ходе проведения работы были рассмотрены предпосылки возникновения и особенности таких классических методов управления проектами как диаграмма Гантта, метод критического пути, метод оценки и анализа проектов и метод графический оценки и анализа. А также рассмотрены особенности таких основных гибких методологий управления проектами как Скрам, Канбан и методология экстремального программирования. В ходе рассмотрения различных методологий управления проектами было выявлено, что классические методологии являются сложноприменимыми в современных технологических компаниях, сталкивающихся с необходимостью поддерживать высокую скорость проверки своих бизнес-гипотез и реакции на изменения рынка. Необходимую скорость развития продукта компании может обеспечивать переход на гибкие методологии управления проектами.

Сделанные выводы об особенностях гибких методологий управления проектами были использованы при разработке плана внедрения гибкой методологии управления проектами в ООО «Эваполар». В ходе разработки плана внедрения была учтена стадия жизненного цикла компании и особенности ее организационной структуры. Также сформулированы дополнительные меры по преодолению сопротивления изменениям со стороны сотрудников компании. В качестве следующего шага планируется непосредственная реализация разработанного плана в ООО «Эваполар».

В рамках апробации полученных выводов и проведения дальнейших исследований планируется разработка универсального алгоритма внедрения гибких методологий управления проектами, подходящего для различных типов организаций. Такой универсальный подход может быть представлен в виде открытого веб-ресурса, предлагающего конкретные шаги по внедрению гибких методологий и

соответствующие рекомендации к ним, в зависимости от стадии жизненного цикла компании, количества сотрудников компании, принятой в компании организационной структуры и других параметров. Публикация такого алгоритма в открытом доступе может способствовать повышению осведомленности существующих отечественных государственных и частных предприятий о гибких методологиях управления проектами и способствовать росту их конкурентоспособности на мировом рынке.

Литература

1. Балашов А.И., Рогова Е.М., Тихонова М.В., Ткаченко Е.А. Управление проектами: учебник и практикум для академического бакалавриата. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 383 с.
2. Сазерленд Д. Scrum. Революционный метод управления проектами / Пер. с англ. М. Гескиной. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. – 288 с.
3. Коттер Дж. Ускорение перемен. Как придать вашей организации стратегическую гибкость для успеха. – М.: Олимп-Бизнес, 2017. – 256 с.
4. Agile-манифест разработки программного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html, своб.
5. Михайлова Е.А. Экономический эффект от применения методологии Scrum в процессе управления проектами по разработке мобильных приложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskiy-effekt-ot-primeneniya-metodologii-scrum-v-protsesse-upravleniya-proektami-po-razrabotke-mobilnyh-prilozheniy, своб.



Семьина Галина Алексеевна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, группа № А4230
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: semyina6galina@gmail.com

УДК 502.743

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЖЕМЧУГОНОСНЫХ РЕК ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Семьина Г.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ульянов Н.Б.

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».

Европейская жемчужница (Margaritifera margaritifera (L.)) – редкий вид пресноводных моллюсков, высокочувствительный индикатор экологического состояния пресноводных экосистем. В настоящее время наиболее хорошо сохранившиеся популяции жемчужницы находятся на Северо-Западе России и в реках

Кольского полуострова. Несмотря на снижение роста популяции, жемчужница все еще существует и во многих европейских странах.

Все пресноводные жемчужницы имеют сложный жизненный цикл, так как личинки жемчужниц (глохидии) вырастают на жабрах только лососевых рыб (атлантический лосось Salmo salar, кумжа Salmo trutta). Таким образом, лососевые обеспечивают моллюскам питание, рост, защиту и расселение, а взамен моллюск продлевает жизнь рыбе, замедляя ее старение, делая более живучей и позволяя нереститься несколько раз в жизни. Чистый гравий и песок также имеют важное значение для роста популяции, потому как при засорении субстрата илом доступ кислорода снижается, и жемчужницы погибают.

Принимая во внимание данные, предоставленные национальными природоохранными агентствами разных стран [1], основной причиной снижения популяций M. margaritifera стало антропогенное воздействие на водные системы: эвтрофикация, создание водохранилищ, сброс сточных вод, дноуглубительные работы, деятельность фермерских хозяйств, использование новых с/х угодий, утрата лесов и природных речных берегов, загрязнение воды и пр. Также существуют факторы, влияющие на численность рыбных хозяйств. Данные свидетельствуют о том, что в XX веке около 90% европейских образцов M. margaritifera исчезли. Вылов моллюсков для добычи жемчуга был одним из основных факторов.

Жемчужница европейская занесена в Красную книгу РФ, как вид, находящийся на грани исчезновения, и нуждается в принятии мер по восстановлению и сохранению. В Ленинградской области антропогенная нагрузка на районы обитания жемчужницы неизбежно возрастает и в этой связи требуется разработка новых комплексных подходов и схем защиты местообитаний моллюсков, основанных на современных технологиях защиты окружающей среды и экосистемном подходе. В настоящее время популяции жемчужниц в р. Гладышевке находятся на грани исчезновения, а в р. Пейпии резко сокращается их численность. Требуются неотложные меры по спасению данных популяций. Работы, посвященные комплексным исследованиям популяций жемчужниц и их местообитаний, отсутствуют. Таким образом, не разработана и научная база в этой области.

В данной работе выработан новый специфический комплексный подход к исследованию путей сохранения и восстановления жемчужниц. **Целью работы** является исследование возможностей сохранения качества водных экосистем жемчугоносных рек Ленинградской области. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить состояние экологических условий среды обитания популяций жемчужницы европейской в реках Ленинградской области;
- произвести полевые и лабораторные исследования накопления и миграции антропогенных загрязнителей в основных местообитаниях жемчужницы (реки Пейпия и Гладышевка);
- выполнить гидрохимический анализ водных прибрежных экосистем;
- проанализировать существующие источники антропогенного загрязнения, влияющие на жизнеспособность моллюска вида M. margaritifera;
- исследовать возможности самоочищения экосистем в местообитании жемчужницы;
- разработать специфические комплексы технических, биотехнических и административных мероприятий для сохранения и восстановления популяций жемчужниц в реках Пейпия и Гладышевка Ленинградской области.

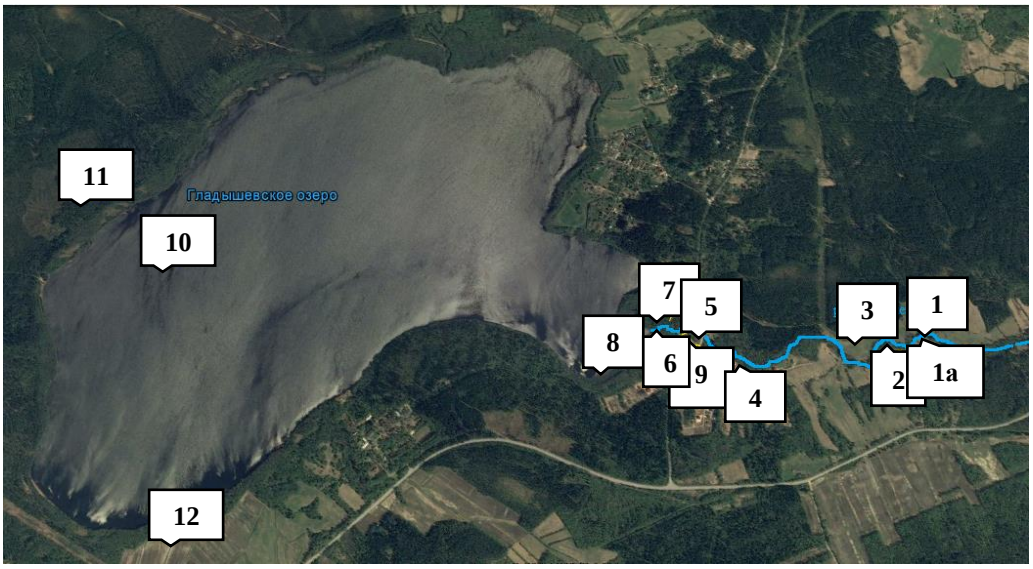


Рис. 1. Точки отбора проб на р. Гладышевка: 1 – р. Гладышевка, с/х угодья, канава 1; 1а – р. Гладышевка, с/х угодья, канава 2; 2 – р. Гладышевка, с/х угодья, ручей 1; 3 – р. Гладышевка, с/х угодья, ручей 2; 4 – р. Гладышевка, дачи; 5 – р. Гладышевка ниже ручья с пляжей; 6 – ручей с пляжей; 7 – р. Гладышевка, м/о жемчужницы; 8 – оз. Гладышевское «Ю» сторона; 9 – сток с дороги у моста р. Гладышевка; 10 – оз. Гладышевское «С» сторона; 11 – оз. Гладышевское «С» сторона; 12 – оз. Гладышевское, сток из леса



Рис. 2. Точки отбора проб на р. Пейпия: 1 – р. Пейпия у а/д с «С» стороны оз. Копанского; 2 – ручей у а/д с «С» стороны оз. Копанского; 3 – р. Пейпия в местообитании жемчужницы; 4 – р. Пейпия после болотного ручья; 5 – оз. Копанское «Ю» сторона; 6 – ручей с пляжей, сток с а/д оз. Копанское «Ю» сторона

Весной 2017 года были проведены полевые исследования на реках Пейпия и Гладышевка и произведен отбор проб растительности, грунтов, почв и воды. Образцы донных грунтов и почв для химического анализа были отобраны согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 и ГОСТ 17.4.3.01-83, воды по ГОСТ 318612012. Объектами исследования были компоненты рек Пейпия и Гладышевка. На рис. 1 и 2 показаны места отбора проб на этих реках. Подготовку образцов для анализа твердых металлов (ТМ) проводили согласно ПНД Ф 16.1.4204. Растения, донные грунты и почвы сушили в обычных лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния. После определения

видов растений и их препарирования, все образцы были подвергнуты измельчению с последующим прессованием и формированием таблеток, полностью готовых к измерению рентгенофлуоресцентным методом. С помощью прибора Спектроскан-Макс были получены данные о содержании ТМ.

Для количественного определения катионов и анионов в воде пробы без предварительной пробоподготовки были измерены на анализаторе «Капель» при помощи метода капиллярного электрофореза.

Для определения анионных и катионных поверхностно-активных веществ (АПАВ, КПАВ) и нефтепродуктов (н/пр) в природной воде использовался флуориметрический метод измерения и аппарат Флюорат.

В местообитании жемчужницы на р. Пейпие обнаружено превышение рыбохозяйственных (р/х) нормативов по марганцу (64 предельно допустимая концентрация (ПДК)), фтору (6 ПДК) и нитратам (2,5 ПДК). По содержанию органических загрязнителей было выявлено превышение по н/пр, равное 4,65 ПДК в стоке с автодороги на южной стороне оз. Копанского. На пороге ПДК находятся концентрации КПАВ и АПАВ.

В местообитании жемчужницы на р. Гладышевке обнаружено превышение р/х нормативов по марганцу (6,9 ПДК) и нитратам (1,25 ПДК). Анализ на содержание органики в воде показал ее неоднородное распределениво всех пробах. В естественных условиях эти показатели должны быть нулевыми, но их наличие говорит о сильной антропогенной нагрузке на водные системы. Наибольшие концентрации КПАВ и н/пр поступают в р. Гладышевку из дачных стоков (2,4 ПДК по КПАВ и 0,9 ПДК по н/пр).

Многочисленные исследования ПАВ [2, 3] показали, что при пороговых значениях ПДК, свойствам этих веществ присуща суммация вредных воздействий. Концентрации ПАВ, близкие к предельно допустимому содержанию или даже ниже, приводят к летальному исходу или сильно подавляют жизненно важные функции у всех групп гидробионтов (особенно у жемчужниц), даже при краткосрочном воздействии.

В рамках данной работы был также проведен анализ проб почв, растительности и гидробионтов на содержание в них ТМ и исследованы закономерности их накопления. В целом содержание исследованных ТМ находится на низком уровне и незначительно превышает установленные нормативные значения. Но в почве и донных грунтах имеются превышения ПДК более, чем в 2 раза по Zn, Cu, Ni, Co и Cr. Исследование содержания ТМ в раковинах моллюска-фильтратора беззубки (добыча жемчужницы запрещена законодательно), вида, имеющего тот же тип питания, как и жемчужница, показало, что уровень накопления ТМ в раковинах не превышает содержание в донном грунте по всем исследованным металлам, кроме Sr, который активно накапливается в раковине.

Для оценки эффективности удерживания ТМ растительным покровом в природных биотопах проведен анализ их биоаккумуляции в растениях береговых экосистем водных объектов и непосредственно в гидрофитах. Исследование первой группы имеет большое значение для выяснения роли почвенно-растительного покрова в извлечении ТМ из поверхностного стока, поступающего в водоем. Вторая группа – гидрофиты, подразделяется на гелофитов, аккумулирующих ТМ на границе водного объекта и гигрофитов, извлекающих эти вещества из донных грунтов, способствуя самоочистке водоемов. Исследование малозагрязненной лесной территории (южный берег оз. Копанское, р. Пейпия) показало низкие значения концентраций большинства ТМ в почве и

растениях. Содержание ТМ в растениях в большинстве случаев значительно ниже, чем в почве и донных грунтах, кроме выявленного ряда ситуаций: высокая биоаккумуляция Zn и Mn; гидрофитная растительность обладает многократно повышенной способностью к биоаккумуляции Zn по сравнению с наземной флорой; способность к аккумуляции ТМ видоспецифична среди всех групп растений.

Полученные данные позволяют выявить следующие закономерности самозащиты водных объектов на уровне экосистемы:

– на уровне береговых наземных экосистем реализуется механизм самозащиты экосистем и их водных объектов за счет невысокой аккумуляции ТМ в моховом покрове. Эффективность механизма достигается за счет больших площадей, занимаемых моховым покровом в водосборных территориях исследованных водных объектов. Видоспецифичность аккумуляции ТМ моховым покровом показывает важность сохранения высокого биоразнообразия видов;
– извлечение ТМ из поверхностного стока поясом гелофитов обеспечивает «барьерную» защиту водного объекта и гидробионтов, но ее площади незначительны;
– наибольшую эффективность из исследованных групп растений имеет группа гигрофитов, но она выполняют свою функцию в самоочистке водоема уже тогда, когда ТМ поступили в водоем и накопились в донных грунтах.

На основании проведенных исследований разработана программа работ по рекультивации реки. Комплекс мероприятий включает очистку, восстановление и укрепление берегов, удаление и утилизацию затонувшей древесины, создание укрытий для лососевых рыб, регуляцию обрастаний на нерестилищах и высшей водной растительности и др. Для предотвращения истребления рыб требуется принятие контрольно-надзорных действий в виде охраны жемчугоносных рек на нерестовый период и фиксирования случаев браконьерства посредством установки систем стационарного и мобильного видеонаблюдения за нарушителями. Также для восстановления жизнеспособных популяций лосося необходим выпуск молоди рыб. Чтобы минимизировать влияние стоков с поселков, с/х полей и дорог необходимо организовать несколько гидроботанических прудов-отстойников с использованием выявленного эффективного комплекса гигрофитов ежеголовника малого, фонтиналиса, тростника, рогоза и сфагума. Такие площадки создаются выше местообитания жемчужницы, для того, чтобы очистить стоки до попадания загрязнителей к моллюскам.

Выполнение всего комплекса запланированных работ позволит ожидать постепенного восстановления исходного состояния гидроэкосистемы и запасов ценных гидробионтов.

Литература

1. Araujo R., Ramos A. Action plans for Margaritifera auricularia and Margaritifera margaritifera in Europe // Nature and Environment. – 2001. – V. 117. – P. 1–73.
2. Остроумов С.А. Доказательство решающей роли биоты в улучшении качества воды // Вода технология и экология. – 2010. – № 1. – С. 32–62.
3. Остроумов С.А., Соломонова Е.А. Взаимодействие загрязняющих воду веществ с макрофитами: метод определения допустимых нагрузок // Вода: химия и экология. – 2012. – № 10. – С. 53–60.



Талапов Владислав Валерьевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: Tinker999@mail.ru

УДК 681.7.022.2:678.027.74:65.011.56:004.02

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПОИСКА ДАННЫХ О МАТЕРИАЛЕ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 116021950008 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

На сегодняшний день потребители все больше отдают предпочтение возможности изменения изделий под свои конкретные нужды. В связи с этим начинает преобладать мелкосерийное производство изделий. Предприятия в условиях высокой конкуренции должны уметь оперативно реагировать на запросы потребителей. Поэтому возникает вопрос о разработке и применении методик для создания гибкого и переналаживаемого производства [1]. Помочь в создании таких методик может применение концепции цифрового производства, функционирующего на основе единой модели данных об объектах (изделиях), процессах и производственной системе [2], и использующего цифровые методы планирования, моделирования, мониторинга и управления производством. В настоящее время существует множество методов получения изделий – это фрезерование, точение, штамповка, литье под давлением и т.д. На сегодняшний день литье под давлением полимерных материалов находит все большее распространение и является одним из стремительно развивающихся направлений производства. В процессе технологической подготовки производства (ТПП) изделий из термопластичных полимерных материалов (ТПМ) решается множество задач. Одной из таких задач является выбор материала деталей (ФОД) литьевой формы.

Целью работы является разработка модуля принятия решений о выборе материалов ФОД в системе автоматизированного проектирования литьевой оснастки, который будет включать в себя доступную базу материалов ФОД, с возможностью добавления в нее новых сведений и корректировки уже существующих.

Для достижения этой цели необходимо рассмотреть материалы и их свойства, определить основные факторы, которые влияют на выбор материала ФОД, изучить возможности изменения эксплуатационных свойств, рассмотреть процессы, протекающие при литье полимерных изделий, и оценить их связь с характеристиками материала. В рамках данной работы были рассмотрены стали, цветные сплавы, полимерные и композитные материалы.

Для выполнения поставленной цели в работе потребовалось решить следующие основные задачи:

– исследовать основные подходы в выборе материалов, использующихся при изготовлении ФОД;
– изучить применяемые типы материалов;

– определить параметры материала ФОД и их связь с параметрами литья под давлением;
– сформировать базу данных материалов ФОД и изделий;
– определить правила выбора материалов ФОД;
– разработать алгоритм выбора материала ФОД.

ФОД работают в тяжелых условиях при наличии как механических, так и тепловых нагрузок [3]. Срок их службы напрямую зависит от правильного выбора материала, а также вида его химико-термической обработки. Вследствие этого на протяжении времени выработались требования, которыми стоит руководствоваться при выборе материала ФОД. Итак, основными требованиями материала ФОД являются:
– стойкость;
– высокая коррозионная стойкость;
– тепловая стабильность;
– хорошая теплопроводность.

Основными причинами потери стойкости материалов ФОД являются: износ, разрушение, смятие, коррозия, адгезия полимеров к поверхности ФОД. Происходит это за счет абразивного износа, усиленного воздействием агрессивных химических веществ, выделяющихся в рабочей зоне формования.

Материалы ФОД условно можно разделить на три категории, а именно: стали, алюминиевые сплавы, полимерные материалы.

В процессе литья изделий из термопластичных полимерных материалов были выделены следующие этапы:
1. смыкание формы;
2. литье;
3. извлечение отливки, очистка и смазка ФОД.

На первом этапе преобладают механические нагрузки, возникающие в процессе смыкания двух частей формы (матрицы и пуансона) для осуществления их жесткого закрепления относительно друг друга.

Следующий этап включает в себя как механические нагрузки, так и тепловые. Среди механических нагрузок – это нагрузки, возникающие в ФОД из-за подачи под давлением расплава полимерного материала. Среди тепловых нагрузок – это нагрузки, возникающие в ФОД из-за температуры и скорости нагрева формы, в результате чего могут появиться разгарные трещины на ФОД.

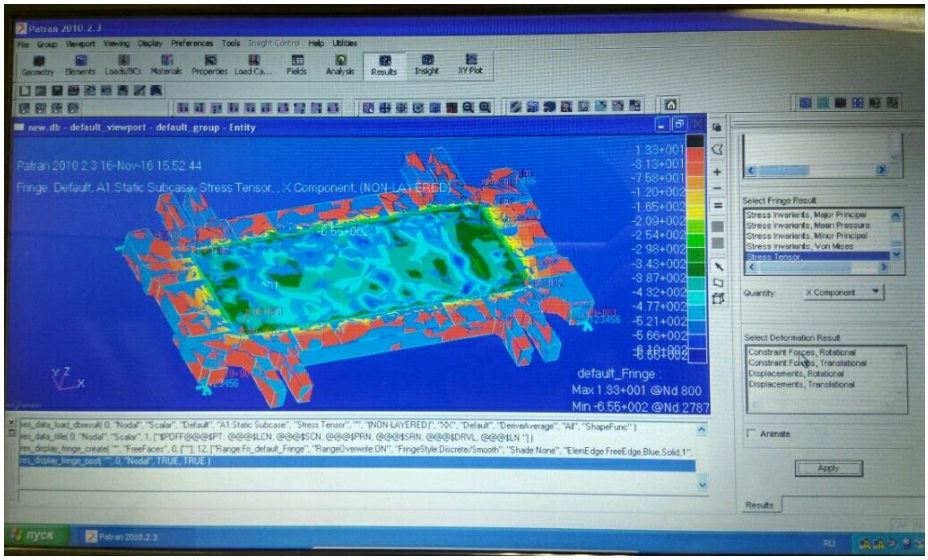


Рис. 1. Изменение стресс-тензора по оси Ox

На заключительном этапе происходит комбинирование механических и термических нагрузок вследствие неравномерного изменения температуры и скорости охлаждения формы.

Установив виды нагрузок, было проведено моделирование процесса литья с использованием формообразующей детали для изделия типа «Крышка», представленной на рис. 1.

Непосредственно правила выбора материала ФОД формируются по следующим характеристикам:

– предел прочности;
– усталостная прочность материала;
– тепловая стабильность;
– теплопроводность.

Предел прочности. Расчетные допустимые напряжения материала ФОД $[\sigma]$ должны быть больше, либо равны усилию смыкания G

$$[\sigma] \le G.$$

Усталостность материала. При наличии/отсутствии коррозионного износа (НКИ=i, i=1/0) выбирается кривая усталости материла $КУ_j$ из множества кривых усталости КУ или КУ′ для дальнейшего определения количества циклов усталостности материала ФОД $N_{фод}$

$$(НКИ=i,\ i=1/0) \rightarrow КУ_j \in (\{КУ\} U \{КУ'\}).$$

Количество циклов нагружения материала ФОД $N_{фод}$, основанное на его усталостности, должно быть больше либо равно количеству циклов изделия $N_{ци}$

$$N_{фод} \le N_{ци}.$$

Тепловая стабильность. Коэффициент линейного расширения материала ФОД $\alpha_{фод}$ не должен превышать максимально допустимый коэффициент $\alpha_{макс.расч}$

$$\alpha_{фод} \le \alpha_{макс.расч}.$$

Допустимая рабочая температура материала ФОД $T_{раб}$ должна быть выше, либо равна значению температуры расплава изделия $T_р$

$$T_{раб} \ge T_р.$$

Теплопроводность. Теплопроводность материала ФОД $\lambda_м$ должна стремится к максимально возможному значению

$$\lambda_м \rightarrow max.$$

Сформировав условия, переходим к разработке и формализации правил выбора ФОД. Выглядят эти правила следующим образом.

В качестве материала ФОД при наличии коррозионного износа следует принять материал с максимальной теплопроводностью, обеспечивающий выдерживание необходимого количества циклов нагружения, с учетом максимально допустимого коэффициента теплового линейного расширения и температуры расплава.

$$M_{фод} \Leftrightarrow ([\sigma] \le G) \cap ((НКИ=i,\ i=1/0) \rightarrow КУ_j \in \{КУ'\}) \cap$$
$$(N_{фод} \le N_{ци}) \cap (\alpha_{фод} \le \alpha_{макс.расч}) \cap (T_{раб} \ge T_р) \cap (\lambda_м \rightarrow max).$$

При отсутствии коррозионного износа материала ФОД, приведенное выше правило выглядит следующим образом

$$M_{фод} \Leftrightarrow ([\sigma] \le G) \cap ((НКИ=i,\ i=1/0) \rightarrow КУ_j \in \{КУ\}) \cap$$
$$(N_{фод} \le N_{ци}) \cap (\alpha_{фод} \le \alpha_{макс.расч}) \cap (T_{раб} \ge T_р) \cap (\lambda_м \rightarrow max).$$

Отличие данных правил состоит в наличии/отсутствии коррозионного износа, что ведет к уменьшению предела прочности и, соответственно, изменению кривых усталостновсти материала.

В результате сформирована база данных материалов ФОД (рис. 2), в которой содержатся все необходимые параметры.

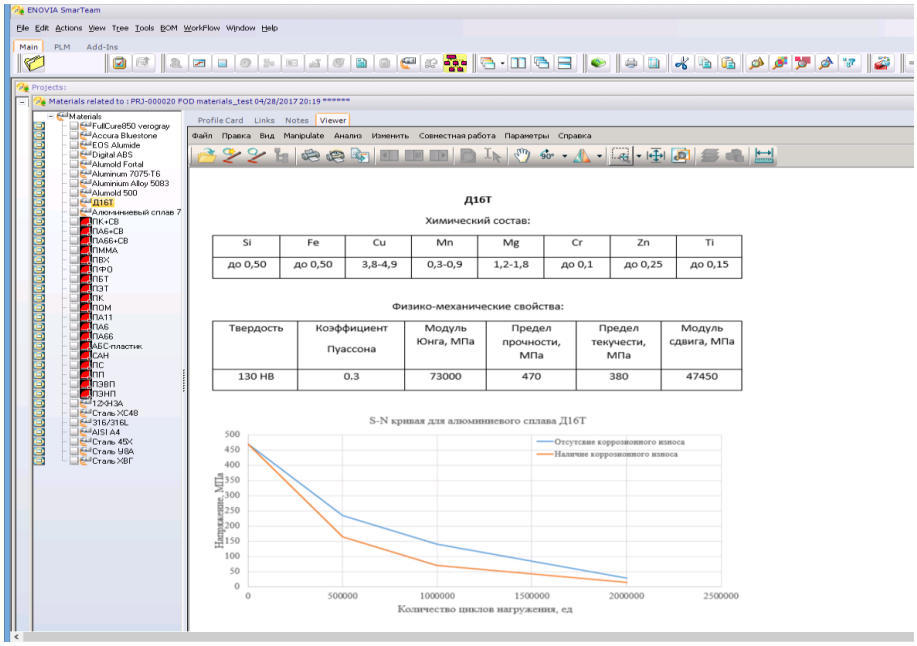


Рис. 2. База данных материалов ФОД в системе ENOVIA Smarteam

В процессе разработки информационной системы хранения и поиска данных о материале формообразующей оснастки были выполнены следующие поставленные задачи:

– определены ключевые параметры при выборе материала ФОД;
– проведена систематизация параметров и разработаны правила выбора материалов ФОД;
– разработан алгоритм выбора материала ФОД;
– сформирована база данных о материалах ФОД и изделий.

Данная система позволяет осуществить выбор материала ФОД, который обеспечивает:

– выдерживание нагрузок, возникающих при литье;
– выполнение необходимого количества циклов литья;
– сокращение времени цикла литья.

Основной сферой применения информационной системы хранения и поиска данных о материале формообразующей оснастки является литье под давлением полимерных материалов. Использование такой системы позволяет в краткие сроки оценить целесообразность применения материала для изготовления ФОД, а также исключить влияние субъективного фактора проектанта на процесс выбора материал ФОД. Интеграция с PLM-системой ENOVIA Smarteam позволяет автоматизировать процесс выбора материала ФОД и осуществить внедрение на предприятие.

Литература

1. Андреев Ю.С., Тимофеева О.С., Яблочников Е.И. Проектирование и изготовление формообразующей оснастки в условиях мелкосерийного производства // Изв. вузов. Приборостроение. – 2016. – № 7. – С. 592–599.
2. Anderl R. Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mafiadoc.com/industrie-40-advanced-engineering-of-smart-_598183a21723ddea5671df13.html, своб
3. Крыжановский В.К., Кребер М.Л., Бурлов В.В. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пособие. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.



Торопова Александра Петровна
Год рождения: 1991
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,
группа № V4212
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: toropa@list.ru

УДК 664.144, 535.421

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ РАДУЖНЫХ ГОЛОГРАММ НА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Торопова А.П.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Санталина И.Ю.

Применение междисциплинарных исследований в традиционных областях деятельности позволяет сегодня добиться неожиданных результатов, потому что соединяет знания из разных областей. В данном исследовании сделана попытка объединить оптические и пищевые технологии в целях создания инновационного продукта – съедобной голограммы.

Съедобная голограмма открывает широкие возможности. Она позволяет повысить эстетические свойства продукта, сформировав на его поверхности цветное изображение за счет рельефа, исключая пищевые красители, которые могут негативно влиять на здоровье людей. Съедобная радужная голограмма может быть использована в качестве защиты от подделок, так как она наносится непосредственно на поверхность пищевых продуктов и медикаментов, а не на их упаковку. Потенциально, радужные голограммы, выполненные на нетрадиционных пищевых материалах, могут быть полезны для контроля качества пищевых продуктов и соблюдения условий их хранения, для идентификации лекарственных препаратов и, соответственно, уменьшения доли фальсификата на фармацевтическом рынке. Возможность нового практического применения технологии в пищевой промышленности и фармацевтике обуславливает актуальность проведения исследования.

Разработка съедобных голограмм имеет многолетнюю историю, которая начинается с патента Эрика Беглейтера «Голографические продукты», опубликованного в США в 1987 году [1]. Этому автору принадлежат вышедшие позже патенты о применении голографических технологий в пищевой промышленности и фармацевтике [2, 3]. Идея создания съедобных голограмм для пищевой промышленности и расширение методов декорирования в кондитерском деле раскрывается в патентах [4, 5]. Опыты с различными материалами проводились в разное время в Германии, Корее, Японии, Китае, Мексике, но теоретического анализа и практического алгоритма создания съедобных голограмм пока не разработано. Нет конкретных характеристик материалов, не описаны особенности работы с ними. Информации о коммерческом использовании результатов этих исследований и изобретений выявлено не было. В 2012 году швейцарская фирма «Morphotonix» выпустила коммерческий продукт «Holographic chocolate» – шоколад с радужными голограммами, однако результатов их научной деятельности в виде статей или патентов найдено не было. В России исследований по этой теме до настоящего времени не проводилось. Идея создания съедобной голограммы на основе шоколада,

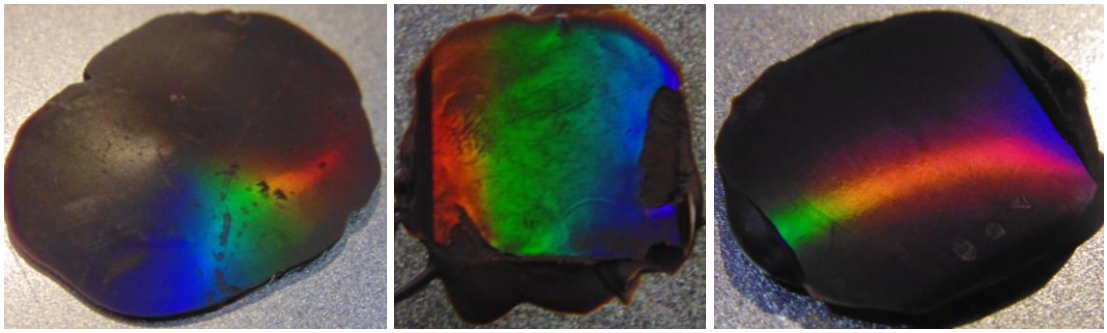
карамели и желирующих агентов как коммерческого продукта, готового к выпуску на рынок, остается актуальной.

В рамках исследования были поставлены следующие задачи:

- собрать информацию о методике создания радужных голограмм на пищевых продуктах и сведения о пищевых материалах, применение которых возможно для разработки съедобных голограмм;
- провести эксперименты по нанесению различных дифракционных решеток на разные пищевые материалы;
- выявить подходящий период дифракционной решетки для получения наиболее яркого визуального эффекта;
- провести анализ экспериментальных результатов, оценить время жизни образцов и их дифракционную эффективность;
- сделать вывод о целесообразности применения исследуемых материалов для нанесения радужной голограммы.

Технология нанесения рельефно-фазовой голограммы заключается в том, чтобы передать рельеф дифракционной решетки на материале, в результате чего на его поверхности происходит разложение белого света в спектр. Формирование микрорельефа происходит следующим образом: с дифракционной решетки снимается силиконовая форма, в нее помещается пищевой материал однородной консистенции, способный заполнять микрорельеф в жидком состоянии и сохранять его после отверждения. Для проведения настоящего исследования с дифракционных решеток с разным периодом были сняты силиконовые формы, с их помощью были приготовлены образцы из шоколада, карамели, желирующих агентов. Для наблюдения за рельефом был использован микроскоп «Olympus STM-6» со стократным увеличением. Для измерения вязкости материалов был применен вискозиметр «Visco Basic Plus». Анализ температурных характеристик шоколада был сделан с помощью прибора «Thermoscan-2». Оптические характеристики материалов были получены с использованием рефрактометра «Refractometr PTR 46» и спектрофотометра «Shimadzu UV-1800». Результаты исследования подтвердили, что ипищевые материалы – карамель, шоколад, желирующие агенты – способны передавать дифракционный рельеф.

Для того, чтобы выяснить, какая решетка создает наиболее яркий визуальный эффект взяты три дифракционные решетки с 1750 лин/мм, 1250 лин/мм и 600 лин/мм. Первые образцы показали, что наиболее яркие визуальные эффекты возникли при использовании решеток с 1250 и 600 лин/мм, что можно видеть на рисунке. Дальнейшее исследование проводилось с решеткой 600 лин/мм, которая позволила получить на поверхности пищевого материала зеленые, желтые, оранжевые, красные, розовые и синие оттенки.



а б в

Рисунок. Фотографии образцов шоколада с разными решетками: 1750 лин/мм (а);1250 лин/мм (б); 600 лин/мм (в)

Основной характеристикой дифракционной решетки является дифракционная эффективность. Дифракционная эффективность – это характеристика яркости голографического изображения, которая измеряется в процентах, определяется как отношение интенсивности дифрагированного пучка к сумме интенсивностей дифрагированного и прошедшего пучка. Интенсивности пучков были измерены с помощью люксометра «ТКА-ПКМ». Образцы для сравнения сделаны из семи видов шоколада с разным процентным содержанием какао-продуктов; из желирующих веществ – желатина, пектина, агар-агара, гуаровой, ксантановой, трагакантовой камедей; из карамели, состоящей из сахара и воды с разными видами паток – крахмальной мальтозной патоки, крахмальной карамельной патоки и кукурузного сиропа. Максимальной дифракционной эффективностью обладает желатин – 27,5%. Наибольшую дифракционную эффективность среди образцов шоколада – 20% – имеет шоколад с 80% содержания какао-продуктов. Самой большой дифракционной эффективностью среди образцов карамели обладает карамель из сахара, воды и кукурузного сиропа – 13%.

Анализ образцов показал, что дифракционные рельефы на карамели, шоколаде, желирующих агентах имеют достаточные дифракционные эффективности, обеспечивающие яркий визуальный эффект. Однако, в условиях хранения при комнатной температуре не более 20°С и относительной влажности не более 60% время жизни дифракционной решетки на поверхности рассмотренных материалов оказалось различное. Время жизни дифракционной решетки определяет возможность ее практического применения.

Карамель сохраняет микрорельеф в течение 40 ч. Причиной разрушения дифракционной решетки на карамели является ее вязко-тягучая структура, которая стремится к состоянию с наименьшей поверхностной энергией, высокие гигроскопические свойства сахара, релаксационные процессы, связанные с выходом остаточной воды. Таким образом, карамель может быть голографическим датчиком срока годности и соблюдения условий хранения скоропортящихся продуктов, например, тортов и пирожных.

На пленках из желирующих агентов решетка не меняется в течение 5 месяцев. Причиной разрушения дифракционной решетки на пленках из желирующих агентов является хрупкость тонких пленок, недостаточное время сушки образцов. Желатин может быть использован как покрытие для кондитерских изделий или идентификатор производителя.

Дифракционная решетка на поверхности шоколада держится три месяца. Причиной разрушения дифракционной решетки на шоколаде является его поседение, возникающее в результате неточного темперирования шоколадной массы. Качественно изготовленный шоколад может быть заявлен как конечный продукт.

В ходе работы был изготовлен прототип коммерческого продукта – «голографический шоколад», который содержит силуэтное изображение и благодаря дифракционной решетке переливается разными цветами в зависимости от угла обзора. «Голографический шоколад» может быть использован как готовый продукт для розничной торговли, элемент фирменного стиля, корпоративный подарок, сувенир различного назначения (праздничный сувенир, сувенир с видом города, музейный сувенир). Продукт соответствует требованиям технических регламентов Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТС ТР 021/2011), «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТС ТР 022/2011), «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТС ТР 029/2012), «О безопасности упаковки» (ТС ТР 005/2011). Шоколад имеет срок годности три месяца в условиях хранения при комнатной температуре (18–22°С) и относительной влажности не более 70%. «Голографический шоколад» имеет упаковку, обеспечивающую сохранность дифракционной решетки и отвечающую

требованиям к упаковке изделий из аналогичных материалов. Если на упаковке готового изделия будет рассказано, по какому принципу формируется радужное изображение, то конфета будет носить научно-познавательный характер.

Съедобная голограмма как новый метод декорирования пищевых продуктов позволит разработать новые для российского рынка виды кондитерских сувениров, создать оригинальные красивые и безопасные конфеты и другие изделия индустрии удовольствия.

Проведение исследований по нанесению голограмм на биополимерные пленки будет продолжено с целью создания идентификационных голографических меток для медицинских препаратов и голографических датчиков сохранности продуктов, что повысит уровень защищенности фармацевтической продукции и снизит долю контрафакта на рынке.

Литература

1. Патент № 4,668,523 США. МКИ A23G3/00, A23G3/12, A23L1/00, A23G1/22, A23G3/34. Holographic Products / Begleiter E.; заявитель и патентообладатель Begleiter E.; заявл. 06.03.1985; опубл. 26.05.1987.
2. Патент № 7,083,805 США. МКИ A23L3/00, A61K9/00, B29C33/00, A61J3/00, A61K47/10. Edible holographic products, particularly pharmaceuticals and methods and apparatus for producing same / Begleiter E.; заявитель и патентообладатель – Dimensional Foods Corporation.; заявл. 14.09.2005; опубл. 1.08.2006.
3. Патент № 2004/0170725 США. МКИ A23G3/34, A23G1/00, A23G3/00, A23L1/00, A23P1/08. Edible articles that include edible optical elements and methods for producing same / Begleiter E.; заявитель и патентообладатель Begleiter E.; заявл. 06.03.1985; опубл. 2.09.2004.
4. Патент № 2005003102 Корея. МКИ A23G3/34, A23G3/00 A23G3/50. The hologram candy / Kim Si Han; заявитель и патентообладатель Kim Si Han; заявл. 27.09.2003; опубл. 01.04.2005.
5. Патент № 2005253340 Япония. Chocolate with hologram pattern, method for producing the same and mold used for the method / Narasaki Shuichiro, Tamura Kiriko; заявитель и патентообладатель Morinaga & Co Ltd; заявл. 10.03.2004; опубл. 22.09.2005.



Цыгулева Оксана Вениаминовна
Год рождения: 1995
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра технологического предпринимательства и управления инновациями, группа № U4270
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: tsygulevaoxana@gmail.com

УДК 339.138

РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ЭКОТОВАРОВ

Цыгулева О.В.
Научный руководитель – к.э.н. Кудинов И.А.

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».

Интернет-технологии кардинальным образом изменили экономическую картину мира. Сегодня все мы становимся свидетелями глобальной трансформации структуры экономики и экономических институтов. Ни для кого не секрет, что большинство бизнесов из традиционных отраслей сталкиваются с падением продаж и неизбежным оттоком покупателей в Интернет, особенно это касается рынка потребительских товаров. Это объяснимо массой преимуществ, которые предоставляет интернет-торговля: снятие географических барьеров; низкие транзакционные издержки; увеличение скорости и эффективности всех бизнес-процессов; решение задач меньшими человеческими ресурсами и т.д. Изменение потребительских привычек в сторону полезных и качественных продуктов обуславливает возрастающий тренд на экотовары. В условиях высококонкурентной интернет-среды глубинное понимание специфики бизнес-процессов на рынке экотоваров является гарантом успешного роста и развития интернет-магазина. Маркетинговый аспект бизнес-планирования, нацеленный на формирование стратегии вывода нового товара на рынок, в наибольшей степени позволяет отразить ключевые отраслевые особенности, которые будут влиять на долгосрочное развитие компании. В связи с этим, актуальность изучения маркетингового бизнес-плана интернет-магазина экотоваров не вызывает сомнений.

В силу того, что рынок экотоваров в России начал активно развиваться только в последние годы, к настоящему моменту времени вопросы учета отраслевой специфики рынка экотоваров в России при построении маркетингового бизнес-плана представляются недостаточно проработанными. Проблемами продвижения экотоваров занимались такие авторы, как Я.Н. Засурский, А.Г. Зуев, Л.А. Коханова, Л.А. Мясникова. Разработке маркетингового аспекта бизнес-планирования посвятили свои труды такие ученые, как Д. Аакер, С. Бланк, С. Годин, М.Л. Калужский, Ф. Котлер, И.Б. Манн, М. Портер, Э. Рис, Н.Д. Стрекалова, Д. Траут [1–19].

Целью работы является разработка маркетингового бизнес-плана интернет-магазина с учетом специфики рынка экотоваров.

Предметом исследования является маркетинговый бизнес-план. Объектом исследования является интернет-магазин экотоваров Foroots.

Для раскрытия указанного вопроса необходимо ориентироваться на следующие задачи:

1. обозначить основные тенденции интернет-торговли;
2. проанализировать потребительский тренд на экотовары;
3. изучить стратегию сегментирования рынка и потребителей;
4. разработать бизнес-модель интернет-магазина;
5. раскрыть сущность стратегии позиционирования;
6. провести анализ товарной стратегии и стратегии ценообразования;
7. сформировать стратегию сбыта и продвижения интернет-магазина.

Научная новизна работы состоит в разработке применительно к конкретному рынку экотоваров маркетингового бизнес-плана интернет-магазина, а именно: стратегии сегментирования, стратегии позиционирования, товарной стратегии, стратегии ценообразования и стратегии продвижения.

Методологической основой работы послужили следующие методы: наблюдение, измерение, сравнение, индукция, дедукция, синтез и анализ.

Настоящее исследование было посвящено разработке маркетингового бизнес-плана интернет-магазина с учетом специфики рынка экотоваров. В ходе исследования рынка были выявлены ключевые сегменты потребителей (мамы с детьми и продвинутая молодежь), а также сегмент рынка, на котором будет работать интернет-магазин (нескоропортящиеся экотовары). Проведенный анализ позволил обозначить

стратегию позиционирования компании Foroots. Были сформулированы товарная стратегия и стратегии ценообразования. Создана и раскрыта стратегия продвижения интернет-магазина экотоваров Foroots.

Результаты настоящего исследования рекомендуется использовать инновационным компаниям, занимающимся продвижением экотоваров в интернете.

В ходе проведенного исследования были сделаны следующие выводы. В ходе глубинного анализа рынка выявлены ключевые особенности продвижения экотоваров, обусловленные выделенными потребительскими сегментами мамы с детьми и «продвинутая молодежь». В основе стратегии позиционирования лежит философия и идеология экологичной жизни, которая предлагает каждому стать частью сообщества людей, ведущих здоровый образ жизни, придерживающихся осознанного потребления и принципов устойчивого развития планеты. Поскольку рынок находится под полным влиянием восприятия потребителями продукции, ценностное предложение должно фокусироваться на эмоциональной составляющей продукции. Стратегия продвижения нацелена на интерактивное взаимодействие клиентов с компанией и формирование позитивного пользовательского опыта. Анализ конкурентов в сегменте нескоропортящихся экотоваров показал, что большинство интернет-магазинов не уделяют достаточно внимания формированию сообщества сторонников, в котором нуждаются целевые сегменты, оставаясь в большей степени магазинами, чем платформами, где люди могут получить реальные советы по экологичному стилю жизни. Данный факт свидетельствует о наличии перспективных ниш, которые могут занять новые интернет-магазины экотоваров.

Выявленные особенности отрасли экотоваров были апробированы на практике и применены в разработке маркетингового бизнес-плана конкретного интернет-магазина. Позиционирование интернет-магазина Foroots выглядит следующим образом. Девиз магазина – «Вперед к корням», что символизирует новый подход к «мудрости предков», адаптированный под современные реалии городских джунглей. Видение Foroots – мы хотим стать главным навигатором для городских жителей на пути к здоровому образу жизни, помогая им советом и делом находить полезные для здоровья товары и готовые решения, которые изменят их жизнь к лучшему. Миссия интернет-магазина Foroots – продажа товаров, которые помогут каждому с легкостью вести здоровую жизнь в реалиях большого города.

В рамках товарной стратегии была выделена наиболее маржинальная группа товаров: суперфуды (спирулина, ягоды годжи, семена чиа). В качестве уникального торгового предложения автор предлагает продавать наборы со спирулиной, ягодами годжи и семенами чиа, в которые также будет входить полезная информация об экологичной жизни. Цену данных наборов было решено установить на следующем уровне: набор со спирулиной 450 руб. за 100 г, набор с ягодами годжи 290 руб. за 100 г и набор с семенами чиа на уровне 210 руб. за 100 г. Сбыт экотоваров осуществляется через отдельный интернет-магазин и интернет-магазины в социальных сетях.

Стратегия продвижения проекта Foroots в интернете нацелена, прежде всего, на формирование у клиента позитивного опыта взаимодействия с сервисом, отвечающего его индивидуальным запросам. Интерактивное взаимодействие с компанией, предполагающее формирование пользовательского контента, позволит клиентам ощущать себя частью экологического сообщества, получать правдивую информацию о полезных для здоровья экотоварах и способах снижения своего экоследа. Для того, чтобы протестировать потребительский спрос и выработать собственный подход к взаимодействию с клиентами, будет создан тематический блог и представительства компании Foroots в социальных сетях. Когда аудитория проявит

интерес к проекту, и сформируется база ранних евангелистов, на площадках будут размещены ссылки на посадочные страницы с предложением купить эксклюзивные наборы с суперфудами. Когда продажи станут стабильными, можно будет приступить к созданию полноформатного интернет-магазина.

Исследовательская работа позволила системно изучить маркетинговый аспект стратегического бизнес-планирования и на его основе выработать стратегию продвижения интернет-магазина применительно к рынку экотоваров. Кроме маркетингового бизнес-плана интернет-магазина, рассмотренного в данной работе, по мнению автора, было бы интересно изучить также финансовый бизнес-план, который будет основываться на поступлении первых денежных потоков в компании.

Литература

1. Бланк С., Дорф Б. Стартап: Настольная книга основателя / Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 616 с.
2. Буланов А.В. Бренд 2.0. От философии к практике. – М.: Красная звезда, 2014. – 496 с.
3. Кожушко О.А., Чуркин И., Агеев А. и др. Интернет-маркетинг и digital-стратегии. Принципы эффективного использования: учеб. пособие. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 327 с.
4. Калужский М.Л. Электронная коммерция: маркетинговые сети и инфраструктура рынка. – М.: Экономика, 2014. – 328 с.
5. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. Экс. пресс-курс / Пер. с англ. под ред. С.Г. Божук. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 464 с.
6. Коханова Л.А. Экологическая журналистика, PR и реклама / Под ред. Я.Н. Засурского. – М.: Юнити-Дана, 2007. – 383 с.
7. Остервальдер А. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора / Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 288 с.
8. Рис Э. Бизнес с нуля: Метод Lean Startup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели / Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2013. – 253 с.
9. Саблин Р. Зеленый драйвер. Код к экологичной жизни в городе. – М.: Зеленая книга, 2013. – 320 с.
10. Исследование интернет-аудитории компании Media Scope [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mediascope.net/press/news/744498/, своб.
11. Исследование рынка интернет-торговли в регионах РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://new-retail.ru/business/e_commerce/issledovanie_rynka_internet_torgovli_v_regionakh_rf_kak_chto_i_gde_pokupayut_rossiyane8145/, своб.
12. Как бизнесмены делают деньги на приставках «эко», «био» и «органик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rbc.ru/own_business/25/07/2016/5791e49a9a794704b590ad04, своб.
13. Камоева Т.К. Развитие экопродукции в розничной торговле в рамках концепции устойчивого развития [Электронный ресурс]: http://www.economics.ihbt.ifmo.ru, своб.
14. Nielsen Global Research: Healthy eating trends around the world January 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nielsen.com/content/dam/nielsenglobal/eu/nielseninsights/pdfs/Nielsen%20Global%20Health%20and%20Wellness%20Report%20-%20January%202015.pdf, своб.

15. Trend Watching – Consumer trend canvas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://trendwatching.com/trends/consumertrendcanvas/, своб.
16. Understanding the LOHAS Market Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lohas.se/wp-content/uploads/2015/07/Understanding-the-LOHAS-Consumer-11_LOHAS_Whole_Foods_Version.pdf, своб.
17. Зубарева И. Распробовали экологию // Российская бизнес-газета. – 2015. – № 987.
18. Николаева М.А., Калугина С.А., Карташова Л.В. Анализ российского рынка органических продуктов питания // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2016. – № 1. – С. 226–230.
19. Хюттнер К. Рынок натуральной косметики в России и Европе: взгляд эксперта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cosmetic-industry.com/rynok-naturalnoj-kosmetiki-v-rossii-i-evrope-vzglyad-eksperta.html, своб.



Чистиков Евгений Геннадьевич
Год рождения: 1993
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4200
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: frazer@list.ru

УДК 004.896

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Чистиков Е.Г.
Научный руководитель – к.т.н. Зыков А.Г.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-07-00700 «Методы формальной и функциональной верификации вычислительных процессов, основанные на знаниях и графо-аналитических моделях».

Невозможно не заметить нашу неуклонно растущую зависимость от вычислительных систем в самых различных аспектах жизни. Эта зависимость отражает крайнюю необходимость общества в функциональности программного обеспечения. С каждым годом сложность программного обеспечения возрастает, поэтому необходимо совершенствовать методы его верификации и тестирования.

Как правило, качество программного обеспечения гарантируется с помощью ручного тестирования, однако такой вид тестирования требует не только огромного количества времени, но и обеспечивает слабое покрытие кода. Поэтому поиск новых и совершенствование уже существующих методов подтверждения качества программного обеспечения остается актуальным по сей день. В данной работе рассматривается верификация вычислительного процесса (ВП) с использованием его графо-аналитической модели (ГАМ).

ГАМ ВП представляет из себя множество вершин и связей между ними. ГАМ является не только схемой алгоритма, но и концентрированным описанием

технического задания на более низком уровне детализации. Верификация с использованием ГАМ не зависит от используемого языка программирования. Составление описания программы возможно как на этапе проектирования, так и в процессе разработки. На рис. 1 предложена схема анализа при верификации программы на основе ГАМ [1].

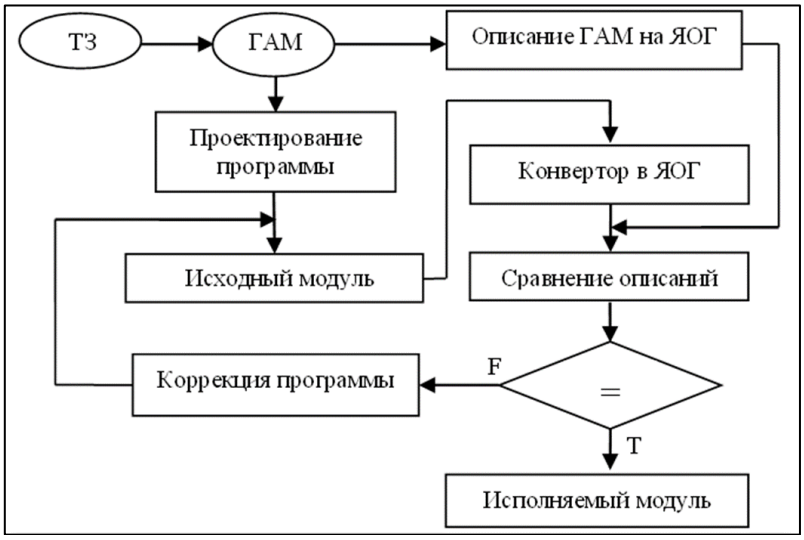


Рис. 1. Общая схема анализа программы с использованием ГАМ

На основе схемы, представленной схемы на рис. 1, были сформированы следующие задачи:

1. создать специализированный язык описания ГАМ ВП [2];
2. разработать алгоритмы и программные средства для трансляции описания в машинное представление и последующего построения кубического покрытия условий-предикатов вершин ГАМ;
3. разработать алгоритм преобразования описания ГАМ ВП в исходный кода программы;
4. создать алгоритм синтеза ГАМ из исходного кода программы.

Каждая вершина ГАМ должна иметь уникальный числовой идентификатор, который располагается после буквенного сокращения типа вершины. В качестве идентификатора вершины выступает целое число в диапазоне от -2^{31} до $2^{31}-1$. В ГАМ можно выделить четыре типа вершин:

1. линейная вершина (англ. linear vertex). Вершины данного типа описывают вычисление значения переменных по аналитическим формулам. Синтаксис описания:

   LVномер_вершины(номер_входной_вершины;
   номер_выходной_вершины) {«тело»};
2. объединяющая вершина (англ. unifying vertex). Такая вершина служит для передачи управления от одного из нескольких входов к одному выходу. Синтаксис описания:

   UVномер_вершины(номер_входной_вершины1, ... номер_входной_вершиныN; номер_выходной_вершины);
3. условная вершина (англ. conditional vertex). Необходимость в вершинах данного типа возникает в случаях, когда выполнение этапов алгоритма зависит от выполнения некоторого условия. Условие задается в виде булевого выражения. Синтаксис описания:

   CVномер_вершины(номер_входной_вершины; true:false) {«условие»};

4. функциональная вершина. Такая вершина необходима в случаях, когда ВП предполагает вызов функции, для которой уже существует описание ГАМ. Синтаксис описания:

LVFномер_вершины(номер_входной_вершины;
номер_выходной_вершины) {«тело»}.

На рис. 2 представлено описание ГАМ ВП, выполненное на разработанном языке. Процесс вычисляет значение кусочно-непрерывной функции:

$$y = \begin{cases} -3, x < -8 \\ 0{,}6x + 1{,}8, \ -8 \le x < -3 \\ -\sqrt{9 - x^2}, \ -3 \le x < 3 \\ x - 3, \ 3 \le x < 5 \\ 3, \ x \ge 5 \end{cases}.$$

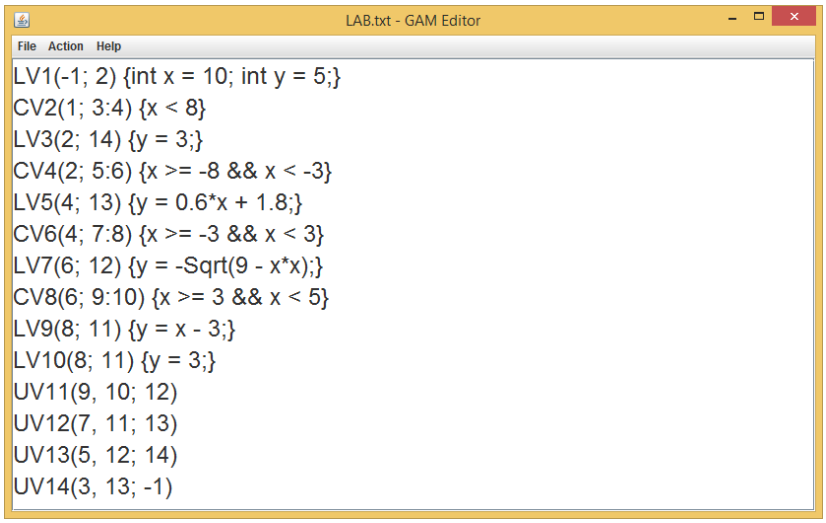


Рис. 2. Описание ГАМ ВП

После составления описания для анализа ГАМ ВП с использованием ЭВМ необходимо текстовое описание транслировать в машинное представление.

Предлагается следующий алгоритм:

1. пользователь выбирает файл, в котором содержится текстовое описание ГАМ;
2. производится чтение строки файла;
3. на этом шаге необходимо разбить строку на лексемы;
4. создаем вершину согласно описанию и добавляем ее в структуры данных к остальным вершинам;
5. если дошли до конца файла, то трансляция завершена, иначе – переход к п. 2.

Кубическое покрытие позволяет исключить из рассмотрения ситуации don’t care, в которых не важно, какое значение имеет одно или несколько условий-предикатов, тем самым сокращая перебор вариантов при синтезе тестов по кубическому покрытию. Также при помощи кубического покрытия можно определить все возможные пути реализации ВП. Для построения покрытия был разработан и программно реализован следующий алгоритм:

1. сгенерировать новые значения условий-предикатов;
2. назначение имен столбцам таблицы. Предлагается следующий формат: сначала идут столбцы с двоичными значениями условий-предикатов, далее находится столбец, содержащий вершины, которые входят в покрытие при заданных условиях;
3. осуществить проход по ГАМ, запомнить встретившиеся вершины;

4. добавить значения условий и пройденные вершины в таблицу;
5. если существуют другие комбинации значений условий-предикатов, переход к п. 1;
6. исключить из таблицы результаты с don’t care условиями.

Процесс формальной верификации программы по ГАМ заключается в сравнении двух описаний: исходного и полученного из кода программы. Для того чтобы получить ГАМ из кода программы был разработан алгоритм, который состоит из следующих шагов [3]:

1. определить язык программирования;
2. выполнить синтаксический анализ кода;
3. составить ГАМ без объединяющих и функциональных вершин;
4. скорректировать ГАМ (добавление объединяющих вершин);
5. выделить функциональные вершины.

В случае совпадения описаний можно говорить об успешном завершении формальной верификации, иначе программа отправляется на доработку. На данном этапе обнаруживаются не декларированные возможности программы и мертвый код.

В процессе анализа программы по ГАМ достаточно много времени занимает разработка программы, исходный код которой удовлетворяет эталонному описанию ГАМ ВП. Чтобы сократить это время, а также исключить ошибки программиста был создан алгоритм преобразования ГАМ в исходный код программы [4]:

1. прочитать файл с описанием ГАМ;
2. выделить управляющие конструкции;
3. построить абстрактное синтаксическое дерево;
4. выполнить конвертацию в целевой язык;
5. скомпилировать файл с исходным кодом.

Все разработанные алгоритмы и программные средства являются составной частью проектируемой учебно-исследовательской системе автоматизированного проектирования верификации вычислительных процессов. Алгоритм синтеза ГАМ из кода программы и алгоритм преобразования описания ГАМ ВП в исходный код были реализованы для языка C# при помощи компилятора Roslyn. В настоящее время требуют детального исследования вопросы, связанные со сравнением описаний ГАМ, а также разработка визуального конструктора описания ГАМ.

Литература

1. Зыков А.Г., Поляков В.И. Анализ вычислительного процесса по графо-аналитической модели // Сб. научных трудов VII-ой Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». – 2013. – Т. 3. – С. 1193–1198.
2. Зыков А.Г., Поляков В.И., Чистиков Е.Г., Кочетков И.В. Формализация анализа программной реализации вычислительного процесса в САПР // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT’16». – Т. 1. – С. 69–75.
3. Зыков А.Г., Кочетков И.В., Чистиков Е.Г., Швед В.Г. Автоматизация генерации описания графо-аналитической модели программы // Защита информации. Инсайд. – 2017. – № 4(76). – С. 60–65.
4. Зыков А.Г., Кочетков И.В., Поляков В.И., Чистиков Е.Г. Синтезирование программ на основе описания графо-аналитической модели // Программные продукты и системы. – 2017. – Т. 30. – № 4. – С. 561–566.



Шаталов Ратибор Андреевич
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций, кафедра производственного менеджмента и трансфера технологий, группа № U4200
Направление подготовки: 38.04.02 – Менеджмент
e-mail: ratibo_or@mail.ru

УДК 658.5.011

ГАРМОНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ И СОЗДАНИЕМ ИННОВАЦИЙ

Шаталов Р.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Тихомирова О.Г.

Актуальность исследования обусловлена современными тенденциями к необходимости часто внедрять инновации. Так, только 20% инновационных разработок используются в бизнесе, и только 7–10% являются эффективными [1]. Пока не было рассмотрено в полной мере соотношение оперативной и инновационной деятельности во всех аспектах. В современной литературе предлагается множество методов по оптимизации производственного процесса и внедрению инноваций, но нигде не рассмотрена их взаимозависимость. Объектом исследования является производственная система, ввиду современных тенденций вынужденная часто внедрять инновации. Предмет исследования – противоречия, возникающие между оперативной деятельностью и созданием инноваций.

В качестве рабочей гипотеза взято следующее утверждение: оперативная деятельность и создание инноваций являются элементами единого процесса и существуют методы их гармонизации. **Цель работы:** разработка комплекса мер по гармонизации процессов управления оперативной деятельностью и создания инноваций в производственной организации.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели:

1. дать характеристику понятиям производственный процесс и инновации;
2. изучить теоретические основы управления производственным процессом;
3. исследовать современные практические подходы к оптимизации производственных и инновационных процессов;
4. дать характеристику компании ИП Буторина Татьяна Геннадиевна Полиграфический центр «Озерки» (ИП Буторина);
5. проанализировать производственную и инновационную деятельность компании ИП Буторина;
6. определить доминирующую организационную культуру на рынке транснациональных корпораций;
7. исследовать основные проблемы, связанные с дисгармонией оперативного и инновационного процессов;
8. разработать комплекс мер по гармонизации процессов;
9. сформировать рекомендации по гармонизации процессов для компании ИП Буторина.

На основании изученных материалов можно утверждать, что в нынешнее время необходимо заниматься постоянным внедрением инноваций для поддержания конкурентоспособности [2]. Для максимизации эффективности этой деятельности нужно использовать современные методы:

1. современные подходы к управлению: системный, ситуационный, процессный;
2. адаптивные организационные структуры;
3. не препятствующая инновациям организационная культура;
4. система оперативного управления производством: выталкивающая, вытягивающая или смешанная. Особенно эффективным и гибким является бережливое производство.

Компания ИП Буторина слабо реагирует на изменения внутренней и внешней среды и не ориентирована на создание инноваций. Однако в системе этой компании существуют предпосылки для внедрения современных методов, которые позволят исправить ситуацию [3]. Единственная организационная культура, способная поддерживать непрерывный инновационный процесс – это адхократическая культура, [4] ее внедрение критически необходимо. На рисунке видно, что по результатам проведенного в рамках данной работы контент-анализа было выявлено доминирующее положение адхократической культуры на рынке транснациональных корпораций [5].

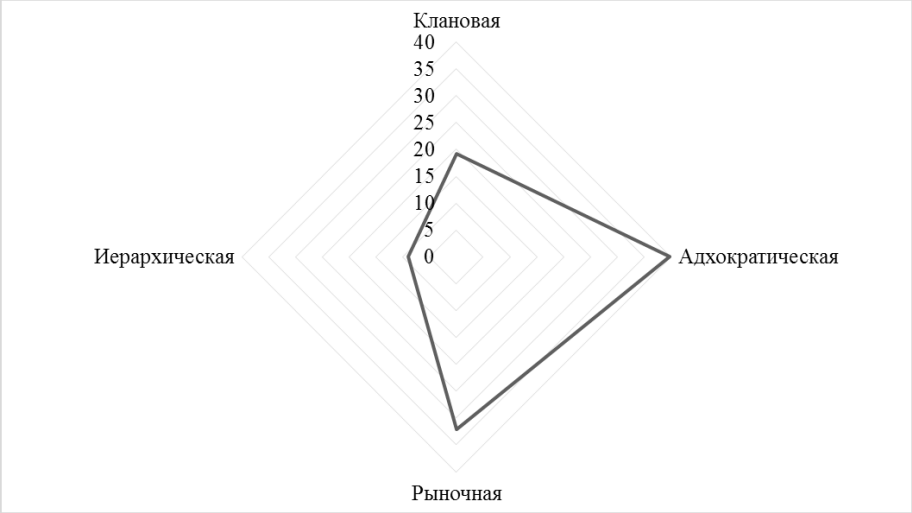


Рисунок. Диаграмма усредненной культуры транснациональных корпораций

Основные проблемы, связанные с внедрением инноваций:

1. процессы оперативной и инновационной деятельности полностью гармоничны;
2. производственная система требует остановки для обновления;
3. производственная система требует остановки для обновления, но издержки на остановку производства выше рисков от устаревшей системы;
4. критическая масса накопленных устаревших элементов системы не позволяет более функционировать в нынешней среде;
5. внедрение бесполезных и вредных инноваций.

Для компании ИП Буторина рекомендуется внедрение следующих методов:

1. системный подход;
2. дивизиональная структура;
3. адхократическая культура;
4. бережливое производство.

Таким образом, достигается гармонизация процессов управления оперативной деятельностью и созданием инноваций.

Темпы инноваций продолжают набирать ускорение, а поспевать за ними становится все сложнее. В работе были рассмотрены теоретические и практические аспекты оперативной и инновационной деятельности; современные подходы гармонизации процессов, связанных с ней; а также методы внедрения этих подходов.

Было выявлено, что обычная производственная система негативно реагирует на инновации, а конкурентоспособность в современных условиях возможно только при непрерывном их внедрении. Невозможно достижение гармонизации процессов управления оперативной деятельностью и созданием инноваций без того, чтобы сделать создание инноваций оперативной деятельностью. Это осуществляется через стимулирование непрерывного инновационного процесса посредством путем внедрения конкретных мер по системному повышению эффективности управления предприятием.

Как оказалось, в компании ИП Буторина производственная система не поддерживает возможность непрерывного инновационного процесса и вообще плохо реагирует на инновации. В то же время, крупные международные компании, выживание которых зависит от непрерывности инновационного процесса, в основном перешли на доминирующую адхократическую организационную культуру.

Основные проблемы, связанные с внедрением инноваций в не ориентированную на них производственную систему, можно охарактеризовать как:

1. производственно-технологические и организационные сбои;
2. необходимость остановки производства;
3. ущерб от игнорирования инноваций;
4. плохое восприятие инноваций персоналом;
5. внедрение бесполезных или вредных для компании инноваций.

Снижение противоречий между производственным процессом и инновациями и избавление от этих проблем возможно посредством внедрения современных подходов к управлению (системный, ситуационный и процессный), адаптивных организационных структур, систем оперативного управления (вытягивающей, выталкивающей или смешанной) и адхократической корпоративной культуры. В том числе такой комплекс мер может быть сформирован для компании, в которой инновации внедряются крайне редко, как в ИП Буторина.

Таким образом, гипотеза о возможности гармонизации процессов управления оперативной деятельностью и созданием инноваций подтвердилась, и были определены методы такой гармонизации. Перспективы для научной и практической деятельности: построение общей математической модели, выражающей показатели из концепции проектного управления через показатели из концепции оперативного управления. Поскольку оперативная деятельность сопряжена с меньшим количеством издержек и рисков, целесообразно все возможные роды деятельности переводить в оперативную, особенно для крупных корпораций, поскольку для них затраты на разработку соответствующих моделей и бизнес-процессов окупятся наиболее быстро.

Литература

1. Гладилин В.А. Инновации в бизнесе, как один из факторов развития экономики // Инновационная наука. – 2017. – № 1-1. – С. 32–34.
2. Caputo A., Marzi G. and Pelligrini M. The internet of things in manufacturing innovation processes: development and application of a conceptual framework // Business Process Management Journal. – 2016. – V. 22. – № 2. – P. 383–402.
3. Официальный сайт типографии ИП Буторина Полиграфический центр «Озерки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://spbozerki.ru, своб.
4. Тихомирова О.Г. Организационная культура: формирование, развитие и оценка. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – С. 145.
5. Шаталов Р.А., Тихомирова О.Г. Диагностика организационной культуры транснациональных корпораций // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 5. – № 4. – С. 216–220.

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ



Аблов Дмитрий Вадимович
Год рождения: 1994
Физико-технический факультет, кафедра физики,
группа № В4225
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: dv.ablov@gmail.com

УДК 681

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНОЙ МОДЕЛИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ВИДЕ ТОНКОГО ДИСКА

Аблов Д.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.

Целью работы является разработка метода определения нестационарного теплового потока с помощью метода параметрической идентификации дифференциально-разностной модели (ДРМ) преобразователя теплового потока (ПТП) типа тонкого диска. Исследования проводилась на основе уже имеющегося датчика, с конкретными характеристиками. В ходе данной работы были поставлены и решены следующие задачи: изложена методика восстановления нестационарных тепловых потоков с помощью тепломеров типа «тонкий диск», в основе, которой лежит метод параметрической идентификации ДРМ процесса теплопереноса в датчике; составлена ДРМ теплопереноса в преобразователе теплового потока типа тонкого диска; получены переходные характеристики ПТП типа «тонкий диск» при различных значениях контактного теплового сопротивления между корпусом и диском; проведены экспериментальные исследования тепломера Гардона; расширены возможности использования для тепломера Гардона для измерения переменных во времени тепловых потоков.

Проведенные исследования имеют большой практический интерес, а полученные данные могут быть использованы в области приборостроения, а также в энергосберегающих технологиях.

Общий вид и устройство ПТП типа «тонкий диск» приведены на рис. 1, а [1].

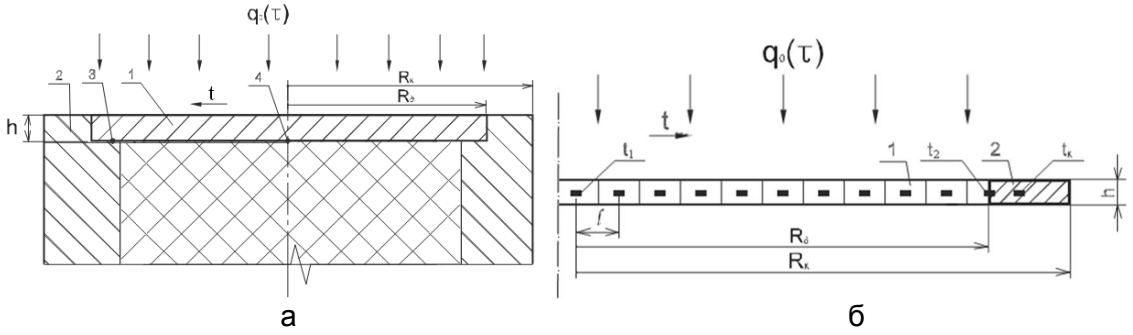


Рис. 1. Схема ПТП «тонкий диск»: 1 – диск ($R_д$=2,5·10^{-3} м; h=10^{-4} м), 2 – корпус, 3, 4 – термоэлектроды (а); топология ПТП «тонкий диск» для составления ДРМ: 1 – диск; 2 – корпус (б)

ПТП представляет собой тонкий диск 1 радиусом $R_д$ и толщиной h, закрепленный по периметру на корпусе 2 и теплоизолированный с тыльной стороны. Измерению с помощью медь-константановой дифференциальной термопары подлежал перепад температуры Δt между центром и периферией.

В результате наличия теплообмена между диском и корпусом температура центра всегда будет выше температуры корпуса. По величине Δt можно определить интенсивность q_0. При этом принимаются следующие допущения: потери тепла с поверхности $x=h$ диска отсутствуют; температурное поле по толщине диска равномерно; отток тепла по центральной термопаре и ее теплопроводность незначительны и не учитываются.

Построение ДРМ для ПТП (рис. 1, б). Для этого диск разобьем по радиусу на n блоков (в данном случае 11) с линейным размером l и температурами $t_1, t_2,\ldots, t_{11}$.

Такое разбиение принято по нескольким причинам. Толщины блоков не могут быть слишком большими, так как температуры, отнесенные к их центрам, считаются их среднеобъемными температурами и при большой толщине блока растет погрешность решения. С другой стороны, утоньшение блоков приведет к крайне малому перепаду температуры. Радиус у первого блока равен $l/2$.

Теплоперенос в ПТП может быть описан системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно составляющих t_i вектора состояния $\mathbf{T}(\tau)$, которая в векторно-матричной форме имеет вид [2]:

$$\frac{d}{d\tau}\mathbf{T}(\tau) = F\mathbf{T}(\tau) + G\mathbf{U}(\tau). \qquad (1)$$

К каждому блоку запишем уравнение теплового баланса.

$$\begin{cases}
q_0(\tau)S_1 = C_1\dfrac{dt_1}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{1-2}}{l}(t_1 - t_2), \\
\dfrac{\lambda S_{1-2}}{l}(t_1 - t_2) + q_0(\tau)S_2 = C_2\dfrac{dt_2}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{2-3}}{l}(t_2 - t_3), \\
\dfrac{\lambda S_{2-3}}{l}(t_2 - t_3) + q_0(\tau)S_3 = C_3\dfrac{dt_3}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{3-4}}{l}(t_3 - t_4), \\
\dfrac{\lambda S_{3-4}}{l}(t_3 - t_4) + q_0(\tau)S_4 = C_4\dfrac{dt_4}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{4-5}}{l}(t_4 - t_5), \\
\dfrac{\lambda S_{4-5}}{l}(t_4 - t_5) + q_0(\tau)S_5 = C_5\dfrac{dt_5}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{5-6}}{l}(t_5 - t_6), \\
\dfrac{\lambda S_{5-6}}{l}(t_5 - t_6) + q_0(\tau)S_6 = C_6\dfrac{dt_6}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{6-7}}{l}(t_6 - t_7), \\
\dfrac{\lambda S_{6-7}}{l}(t_6 - t_7) + q_0(\tau)S_7 = C_7\dfrac{dt_7}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{7-8}}{l}(t_7 - t_8), \\
\dfrac{\lambda S_{7-8}}{l}(t_7 - t_8) + q_0(\tau)S_8 = C_8\dfrac{dt_8}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{7-8}}{l}(t_7 - t_8), \\
\dfrac{\lambda S_{8-9}}{l}(t_8 - t_9) + q_0(\tau)S_9 = C_9\dfrac{dt_9}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{8-9}}{l}(t_8 - t_9), \\
\dfrac{\lambda S_{9-10}}{l}(t_9 - t_{10}) + q_0(\tau)S_{10} = C_{10}\dfrac{dt_{10}}{d\tau} + \dfrac{\lambda S_{9-10}}{l}(t_9 - t_{10}), \\
\dfrac{\lambda S_{10-11}}{l}(t_{10} - t_{11}) + q_0(\tau)S_{11} = C_{11}\dfrac{dt_{11}}{d\tau} + \dfrac{t_{11} - t_k}{R_{\text{конт}}}S_{11-k},
\end{cases} \qquad (2)$$

где S_{i-n} – площадь на границе между соседними блоками; S_{11-k} – площадь между граничным 11-ым блоком и корпусом ПТП; S_i – площадь сечения блока; λ – теплопроводность материала диска; $C_i = \bar{c}\rho h S_i$ – полная теплоемкость блока; $\bar{c}$ – удельная теплоемкость материала диска; ρ – плотность материала диска.

Средние температуры блоков t_i, относящиеся к их центрам, составляют вектор состояния $\mathbf{T}(\tau)$.

После того, как написаны уравнения теплового баланса для всех блоков, выразим из системы уравнений (2) скорость изменения температуры $\frac{dt_i}{dt_\tau} = \dot{t}_i$. Для этого разделим каждую строку системы уравнений (1) на соответствующую полную теплоемкость материала ПТП ($C_i = \bar{c}\rho S\Delta$) и произведем следующую замену:

$\frac{\lambda}{\bar{c}\rho} = a$ – температуропроводность материалов ПТП.

Результаты модельных исследований представлены на рис. 2 и 3.

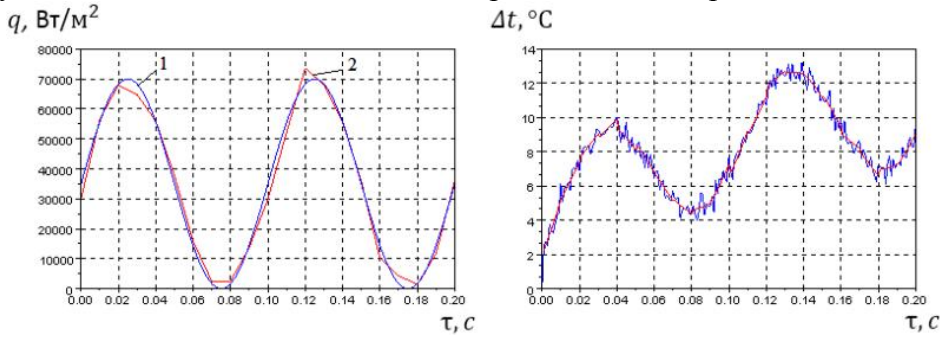


Рис. 2. Исходная (1) и восстановленная (2) плотности тепловых потоков, при погрешности в измерениях σ=0,5°C

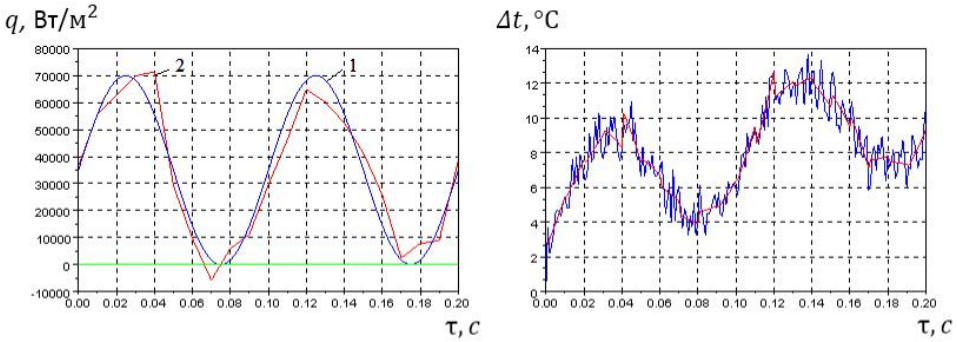
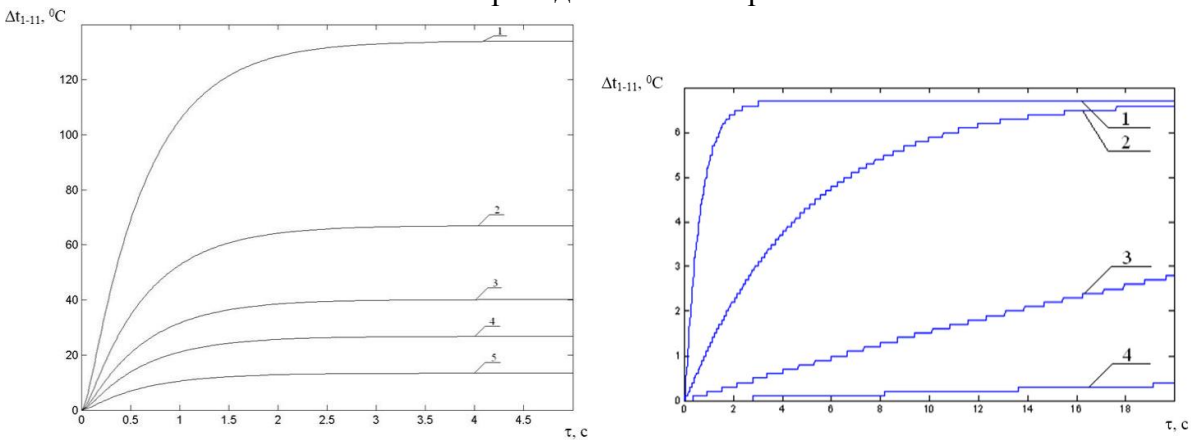


Рис. 3. Исходная (1) и восстановленная (2) плотности тепловых потоков, при погрешности в измерениях σ=1,5°C

Результаты исследования влияния различных параметров на погрешность восстановления теплового потока приведены ниже на рис. 4.



а б

Рис. 4. Зависимость измеряемого перепада температуры от величины потока ($1 - q_0(\tau) = 2{\cdot}10^5$ Вт/м^2; $2 - q_0(\tau) = 10^5$ Вт/м^2; $3 - q_0(\tau) = 0{,}6{\cdot}10^5$ Вт/м^2; $4 - q_0(\tau) = 0{,}4{\cdot}10^5$ Вт/м^2; $5 - q_0(\tau) = 0{,}2{\cdot}10^5$ Вт/м^2) (а); переходные характеристики ПТП «тонкий диск» при различных значениях $R_{\text{конт}}$ ($1 - R_{\text{конт}} = 10^{-4}$ м^2·К/Вт; $2 - R_{\text{конт}} = 10^{-3}$ м^2·К/Вт; $3 - R_{\text{конт}} = 10^{-2}$ м^2·К/Вт; $4 - R_{\text{конт}} = 10^{-1}$ м^2·К/Вт) (б)

В итоге, описание систем с помощью дифференциально-разностных моделей позволило выработать единую универсальную методику для всестороннего анализа теплопереноса в различных телах. Такой анализ позволяет еще на этапе проектирования датчика оценить вносимую им погрешность и его взаимодействие с объектом исследования [3, 4].

Литература

1. Пилипенко Н.В. Приборы и методы нестационарной теплометрии. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 82 с.
2. 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.
3. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплометрии на основе решения обратных задач теплопроводности. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 180 с.
4. Пилипенко Н.В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 79 с.



Амельчук Дмитрий Геннадьевич
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № В4238
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: mutranspet@gmail.com

УДК 539.234

РОСТ ГРАФЕНА НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ 4H-SiC В АТМОСФЕРЕ ИНЕРТНОГО ГАЗА

Амельчук Д.Г. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Лебедев А.А.
(Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

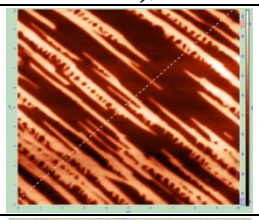
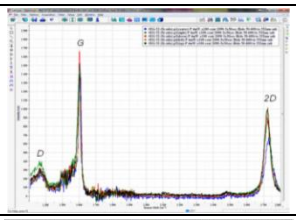
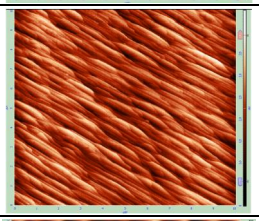
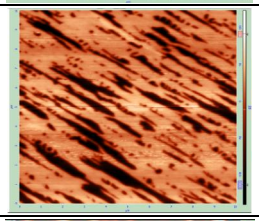
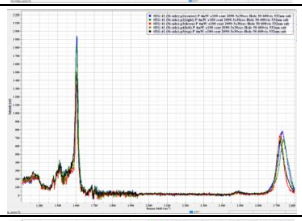
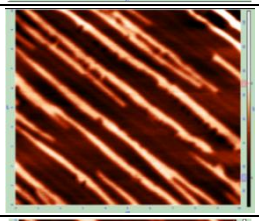
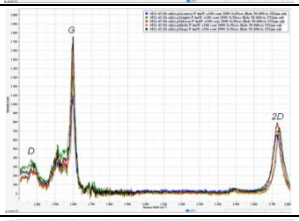
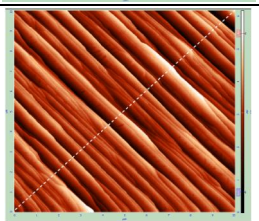
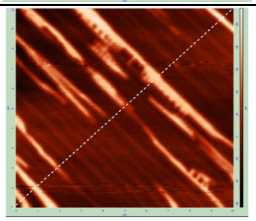
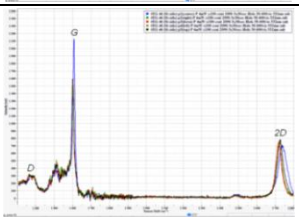
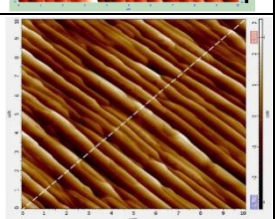
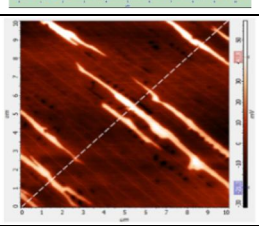
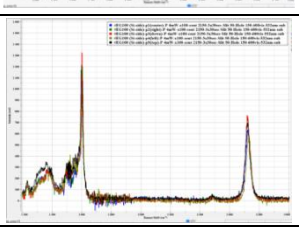
Работа выполнена в рамках темы НИР № 615862 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия излучения с новыми функциональными, конструкционными и биологическими материалами».

Исследования графена, рассматривающие данный материал как новый элемент для развития наноэлектроники, за последние несколько лет показали положительные результаты. Графен является двумерной аллотропной модификацией углерода, образованной слоем атомов углерода в 1 монослой, которые находятся в sp^2-гибридизации и соединены σ- и π-связями в гексагональную двумерную кристаллическую решетку. Из главных свойств графена выделяется рекордно большая теплопроводность (~1 ТПа и ~$5 \cdot 10^3$ Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$). Такое свойство, как высокая подвижность носителей заряда (максимальная подвижность электронов среди всех известных материалов), делает графен перспективным материалом для использования в самых различных приложениях. По изученным свойствам графен рассматривается, как будущая основа наноэлектроники. Основной **целью исследования** является получение графена с высоким структурным совершенством и высокой однородностью

на подложке 4H-SiC методом термодеструкции поверхности. Основные задачи, поставленные для выполнения работы: определение оптимального технологического режима роста графена на 4H-SiC; характеризация полученных слоев графена и оценка степени однородности структурных характеристик по площади образцов.

Рост графена производился в графитовом тигле индуктивным нагревом. На первом этапе происходит напуск аргона с выходом установки на рабочую мощность. При проведении исследований по влиянию скорости нагрева на качество выращиваемого графена использовались следующие технологические параметры: температура роста – 1800–1850°C, время роста составило 15 мин, давление инертного газа аргона в ростовой камере – 700–750 торр, скорость нагрева тигля – от 85 до 450°C/мин. В таблице представлены основные параметры роста. Были исследованы технологические режимы роста графена на подложке из карбида кремния. Режимы различаются между собой временем и скоростью нагрева образцов. У всех образцов имеются следующие характеристики: размеры подложек 11×11 мм, процесс термического разложения проводился без отжига, тип подложек 4H-SiC (Китай), полуизолятор, отметка на C-грани. Все образцы были получены на одинаковых типах подложек.

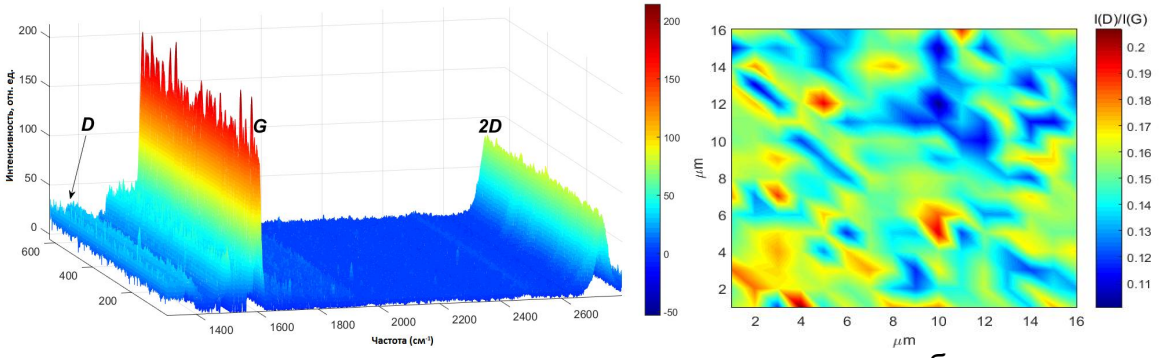
Таблица. Данные исследований АСМ и микро-рамана для слоев графена

Образец	Скорость нагрева, °C/мин	АСМ после роста (поле 10×10 мкм), точка 1	Потенциал поверхности (поле 10×10 мкм), точка 1	Микро-рамановские спектры
EG-52	85			
EG-41	90			
EG-43	240			
EG-46	340			
EG-100	450			

Для характеризации качества полученного графена применялись методы атомно-силовой микроскопии и микро-рамановской спектроскопии. Измерения методом конфокальной микро-рамановской спектроскопии проводятся при комнатной температуре в геометрии «обратного рассеяния» при помощи конфокального микроскопа, что позволяет получать информацию из области графеновой пленки ~1 мкм. При измерениях используется длина волны возбуждающего излучения 532 нм; мощность лазерного излучения на образце составляет ~2,0 мВт в пятне диаметром ~1 мкм. Согласно результатам характеризации методом атомно-силовой микроскопии, на изображениях распределения поверхностного потенциала в таблице присутствуют светлые пятна в виде вытянутых полос, направление которых совпадает с направлением террас на изображении топографии. Согласно литературным данным [1, 2] потенциал двухслойного графена на 120–140 мВ выше, чем потенциал однослойного, таким образом, светлые области следует отнести к двухслойному графену, а темные области – к однослойному.

В таблице представлены результаты исследований методом микро-рамановской спектроскопии. Для определения однородности графеновой пленки спектры снимались в 5 точках образца: одна точка в центре и 4 вблизи краев квадратного образца. Сравнение спектров, полученных на каждом образце, на одном графике демонстрирует незначительные отклонения в частоте и полуширине линий, что свидетельствует о хорошей однородности образцов, выращенных при разных скоростях нагрева. Малые отношения интенсивностей линий (ID/IG) свидетельствуют о низкой дефектности и хорошем структурном совершенстве выращенных графеновых пленок.

С помощью изображения распределения потенциала поверхности по площади можно определить толщину графеновой пленки. На изображениях распределения поверхностного потенциала присутствуют светлые пятна в виде вытянутых полос, направление которых совпадает с направлением террас на изображениях топографии. Светлые области следует отнести к двухслойному графену, а темные области – к однослойному. Анализ показывает, что с увеличением скорости нагрева образца количество включений двухслойного графена уменьшается. Для образца EG-41 количество включений двухслойного графена составляет ~60–70% от всей площади изображения, для образца EG-43 составляет – 30–40%, для EG-46 – 15–20%, для EG-52 – 40–50%, а для EG-100 – 10–15%. Можно сделать вывод о формировании более однородной структуры с меньшим включением двухслойного графена при увеличении скорости нагрева образца до 350–450°C/мин.



а б

Рисунок. Массив спектров графеновой пленки, полученный после вычитания спектра второго порядка подложки 4H-SiC (шкала интенсивностей спектральных линий приведена справа от карты) (а); карта распределения отношения пиковой интенсивности D-линии к пиковой интенсивности G-линии (характеристика дефектности образца) (б)

Для исследования равномерности графеновой пленки с помощью микро-рамановской спектроскопии применяется сканирование образца путем снятия спектра через определенный шаг. Полная карта анализируемой области составляет массив из 120 точек. На рисунке, а представлен массив рамановских спектров, полученных при сканировании площади 10×10 мкм графеновой пленки.

Сравнение всех спектров, снятых с определенного участка образца показывает незначительные отличия между отдельными точками, что свидетельствует о равномерном покрытии графеном подложки SiC после роста методом термического разложения поверхности. Отношение интенсивностей D и G линий (ID/IG) может быть использовано для характеризации степени структурного совершенства графеновой пленки: чем меньше это значение, тем совершеннее пленка. Анализ микро-рамановской карты распределения отношения интенсивностей линий (ID/IG) (рисунок, б), для графена, выращенного на подложке SiC, демонстрирует относительно равномерное распределение отношения линий по площади образца. Значения отношения интенсивностей лежат в основном в интервале от 0,1 до 0,2, что указывает на высокое структурное совершенство графеновой пленки.

Заключение. Из всех измеренных образцов наилучшими показателями обладает образец EG-100. Его температурный режим отличается наименьшим временем роста (5 мин) и наименьшим временем нагрева образца (4 мин), наибольшей скоростью роста (450°C/мин), а также количеством двухслойного графена на уровне 10–15%.

Сравнение всех спектров, снятых с определенного участка образца, показывает незначительные отличия между отдельными точками, что свидетельствует о равномерном покрытии графеном подложки SiC после роста методом термического разложения поверхности. Отношение интенсивностей ID/IG лежит в интервале от 0,1 до 0,2, что указывает на высокое структурное совершенство графеновой пленки.

Литература

1. Panchal V., Pearce R., Yakimova R., Tzalenchuk A., Kazakova O. Standardization of surface potential measurements of graphene domains // Scientific Reports. – 2013. – № 3. – P. 2597.
2. Filleter T., Emtsev K.V., Seyller Th., Bennewitz R. Local work function measurements of epitaxial graphene // Applied Physics Letters. – 2008. – № 93. – P. 133117.



Арбузова Евгения Александровна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4207
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: markvart1@yandex.ru

УДК 504.064.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Арбузова Е.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Чертов А.Н.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

В настоящее время специалисты многих стран работают над прогрессирующей проблемой роста количества отходов человеческой деятельности, в первую очередь бытовых. Эффективность решения этой проблемы существенно ниже, чем того требуют темпы нарастания объема отходов. Одним из решений проблемы является вовлечение максимального количества отходов во вторичную переработку, что требует и современных эффективных технологий их выделения из потока исходного мусора и последующей сортировки. Для повышения производительности и надежности используют автоматические сортировочные системы с использованием сенсоров [1]. В России на данный момент времени используются в работе лишь отдельные элементы автоматических систем, и весь акцент идет на ручную сортировку, так как в нашей стране до сих пор не решена проблема организации раздельного сбора отходов в местах их формирования.

Ключевые недостатки существующих в России аналогов оптических сортировочных машин [2]:

– отличие качественного состава и структуры твердых бытовых отходов (ТБО), подаваемых на сортировку, и, как следствие, невысокая эффективность использования;
– высокая стоимость;
– зарубежное производство и комплектующие, обуславливающие сложность сервисного обслуживания и ремонтных работ.

Таким образом, актуальным является создание комплексной технологии сортировки ТБО в условиях предварительно неразделенного потока мусора.

Целью работы является исследование возможностей разделения различных видов твердых бытовых и промышленных отходов на основании различий их оптических параметров и характеристик.

Разработана структурная схема элемента измерительной установки (ИУ) для проведения экспериментальных исследований (рис. 1).

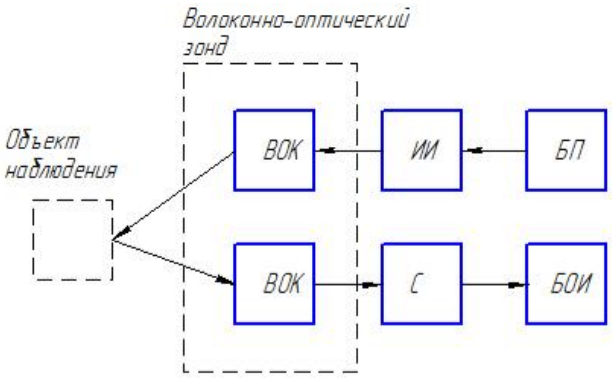
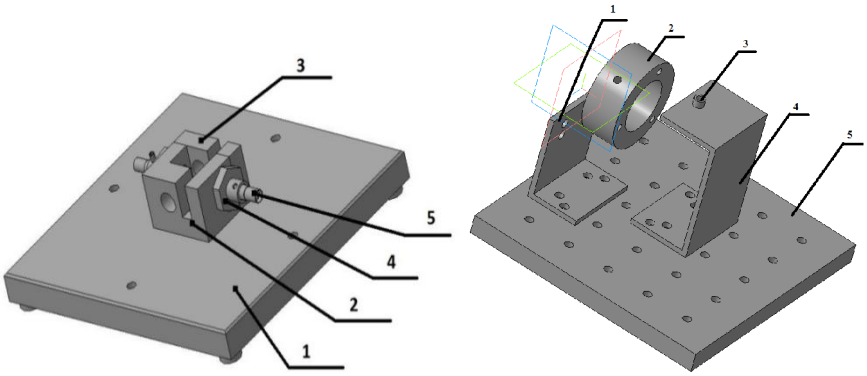


Рис. 1. Структурная схема ИУ

Структурная схема ИУ состоит из блока питания (БП), источника излучения (ИИ), волоконно-оптического кабеля (ВОК), исследуемого объекта, спектрометра (С) и блока обработки информации (БОИ), в качестве которого выступает персональный компьютер. Элементы системы имеют специальные совместимые крепления для фиксации и не требуют дополнительной настройки и юстировки.

Рассчитаны параметры ИУ для проведения исследований оптических характеристик различных видов пластика, и выбран источник излучения модели NH-JC-20-12-G4-CL фирмы Navigator. Энергетический поток данного источника в рабочем режиме равен 20 Вт.

Также разработаны элементы конструкций для крепления ИУ (рис. 2, а) и ИИ (рис. 2, б).



а б

Рис. 2. Элементы конструкций: ИУ (а); ИИ (б)

Элемент конструкции для крепления ИУ состоит из пластины 1, двух зажимов 2 и 3 образцов, креплений 4 и 5 для оптоволоконного кабеля P600-1-SR фирмы Ocean Optics, через который излучение от источника будет попадать на поверхность объекта, проходить сквозь него и через другой оптоволоконный кабель попадать на спектрометр USB4000 фирмы Ocean Optics.

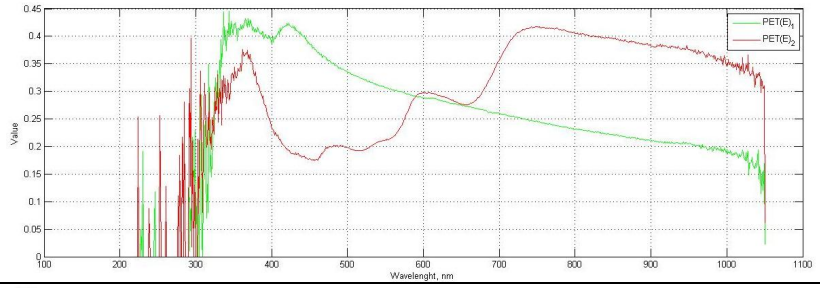
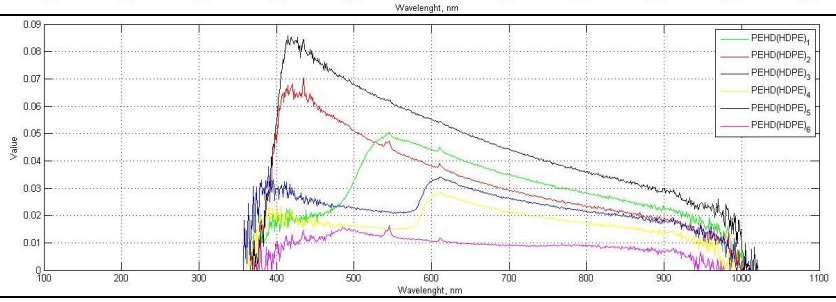
Элемент конструкции узла для крепления ИИ состоит из основания 5, двух уголков 1 и 4, крепления 3 для волоконно-оптического кабеля P600-1-SR фирмы Ocean Optics, и крепежного кольца 2 для ИИ.

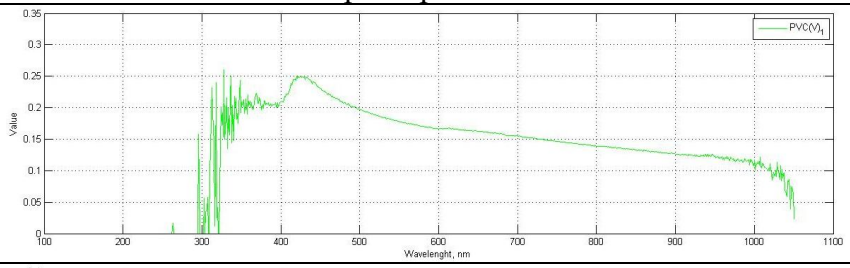
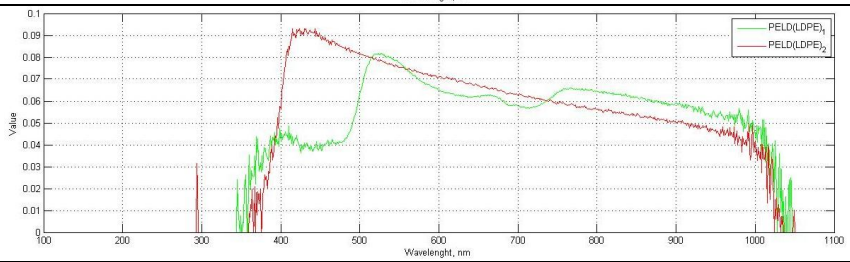
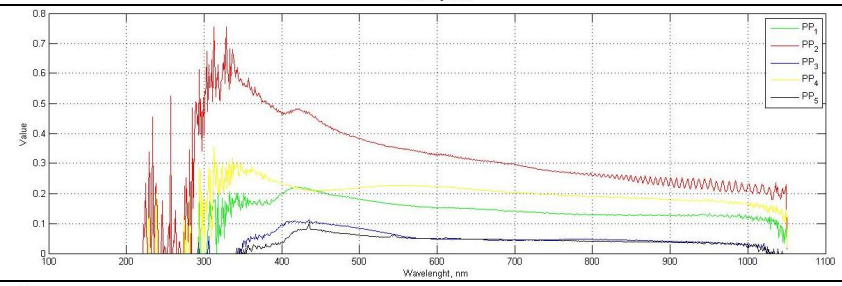
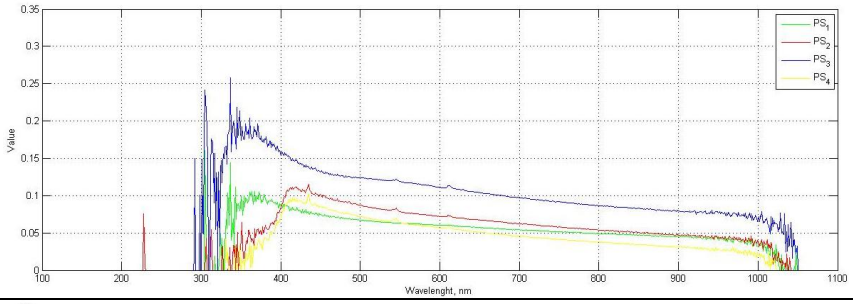
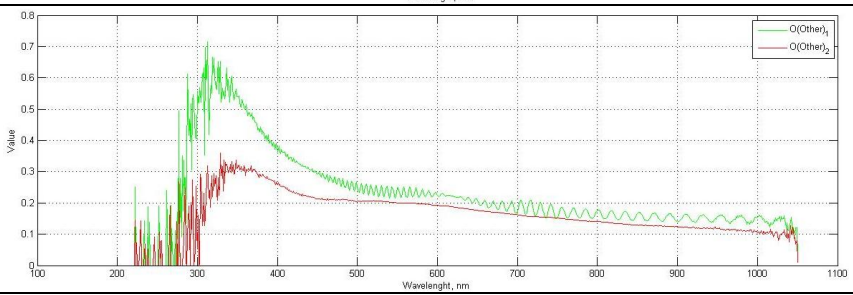
Качество и стоимость вторичного сырья полностью зависит от исходного. Одна из проблем – это наличие в сырье одной категории примесей другой или смешение двух различных цветов. Использовать вторичную пластмассу является выгодным решением. Из него можно получить: топливо, волокна, химическое сырье и делать новую тару. Также производство из вторичных ПБО экономит 60–65% энергии [3].

В ходе работы над проектом были проведены эксперименты.

Первый эксперимент заключается в прохождении излучения через образцы. Второй эксперимент заключается в сканировании отраженного от поверхности образца излучения. Результаты указаны в таблице.

Таблица. Спектры отражения оптического излучения (ОИ) разных видов пластика

Вид материала	Спектры отражения ОИ
1. PET(E)	
2. PEHD (HDPE)	

Вид материала	Спектры отражения ОИ
3. PVC (V)	
4. PELD (LDPE)	
5. PP	
6. PS	
7. O(Other)	

Результаты экспериментов показали, что между разными видами материала степень отражения оптического излучения разная, но можно выявить одинаковые участки спектров между разными образцами одного подвида материала.

Также были проведены экспериментальные исследования для стеклобоя. Для этого была собрана уже другая установка с использованием камеры. Исходя из полученных результатов, был сделан вывод о том, что при снятии стеклобоя на прозрачность параметры цветного стекла и керамики заметно отличаются. Следовательно, возможно удаление керамики из общей массы стеклобоя с использованием оптического метода сортировки и селективного признака «прозрачность».

Научная новизна работы заключается в том, что, установлены оптические селективные признаки для стекла и видов пластика, пригодного для вторичной переработки, которые позволят выделять их из исходного смешанного потока различных видов отходов.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут стать основой для создания оптических сепараторов ТБО на машиностроительных предприятиях, производящих оборудование для мусороперерабатывающих заводов.

Литература

1. Чуняева А.В., Коротаев В.Н., Григорьев В.Н. Оптическая сортировка для совершенствования технологической схемы сортировки ТБО // Вестник Пермского ГТУ. – 2010. – № 2. – С. 5–11.
2. Борисов Д.Л., Филькин Т.Г., Коротаев В.Н. Технологии оптической сортировки отходов: анализ факторов, влияющих на эффективность воздушной сепарации // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2014. – № 2. – С. 30–47.
3. Григорьева М.В. Эколого-экономическая оценка методов ручной и оптической сортировки твердых бытовых отходов // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. – 2012. – № 3(7). – С. 62–73.



Артемова Вера Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: verka53@rambler.ru

УДК 681.532

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Артемова В.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Лукичев Д.В.

Теория и прикладные аспекты адаптивного управления в значительной степени исследовались и развивались в последние десятилетия, и до сих пор эта тема продолжает оставаться областью многочисленных научных исследований.

С 2000 года Университете ИТМО в лице кафедры ЭТиПЭМС объявлен головным предприятием Российского космического агентства в части создания электросиловых приводов. Подавляющей частью систем контроля космического пространства являются оптические телескопы. Большое количество подлежащих контролю объектов, высокие требования по точности при инфранизких скоростях слежения, возможность возникновения шагового режима усложняют работу оборудования. В таких условиях целесообразно применение адаптивных систем управления.

В связи с этим в работе ставится следующая **цель** – синтез адаптивной системы управления следящим электроприводом с вентильным двигателем (макет азимутальной оси телескопа К01-Э418-00-00) для исключения режима автоколебаний скорости при низких скоростях слежения.

Решим следующие задачи:

1. идентификация макета азимутальной оси телескопа К01-Э418-00-00;
2. синтез и моделирование подчиненной системы регулирования положения двухмассового объекта;
3. синтез и математическое моделирование адаптивной системы регулирования положения двухмассового объекта.

Наиболее удобным представлением многомассовой механической части электропривода при описании его поведения в статических и динамических режимах является двухмассовая модель. На движение системы главным образом влияют наибольшие массы и наименьшие жесткости связей, поэтому можно пренебречь достаточно жесткими механическими связями и приближенно учитывать влияния малых движущихся масс. Двухмассовая модель является наиболее универсальной.

Поведение двухмассовой системы описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} J_1 \frac{dw_1}{dt} &= M - M_{12} - M_{c1} \\ \frac{dM_{12}}{dt} &= C_{12}(w_1 - w_2) \\ J_2 \frac{dw_2}{dt} &= M_{12} - M_{c2}. \end{aligned} \qquad (1)$$

Уравнения движения позволяют проанализировать механическую часть электропривода как объект системы автоматического управления и представить его в виде динамического звена. Передаточная функция объекта будет иметь вид

$$W_1 = \frac{w_1(s)}{u(s)} = \frac{k(\tau^2 s^2 + 2\tau\varsigma s + 1)}{(T_1^2 s^2 + 2T_1\xi s + 1)(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)}. \qquad (2)$$

Снимем входные и выходные сигналы лабораторного стенда – треугольное напряжение и скорость первой массы.

Затем, используя частотный метод идентификации, найдем параметры стенда

$$J_1 = 0,3704$$

$$C_{12} = 26229$$

$$J_2 = 6,7380.$$

Целью управления любым приводом является воспроизведение регулируемой величиной установленного значения. Для этого часто требуется ограничить пределы изменений промежуточных координат, что приводит к дополнению системы обратными связями по этим координатам. Наиболее известными системами, основанными на данном принципе, стали системы подчиненного регулирования, однако они применяются, когда нет жестких требований к качеству переходного процесса.

Контур момента настраиваем на технический оптимум с передаточной функцией

$$W_z = \frac{1}{2T_\mu^2 s^2 + 2T_\mu s + 1)} \qquad (3)$$

Контур скорости и положения настраиваем на симметричный оптимум с передаточной функцией

$$W_z = \frac{4T_\mu s + 1}{8T_\mu{}^3 s^3 + 8T_\mu{}^2 s^2 + 4T_\mu s + 1)} \qquad (4)$$

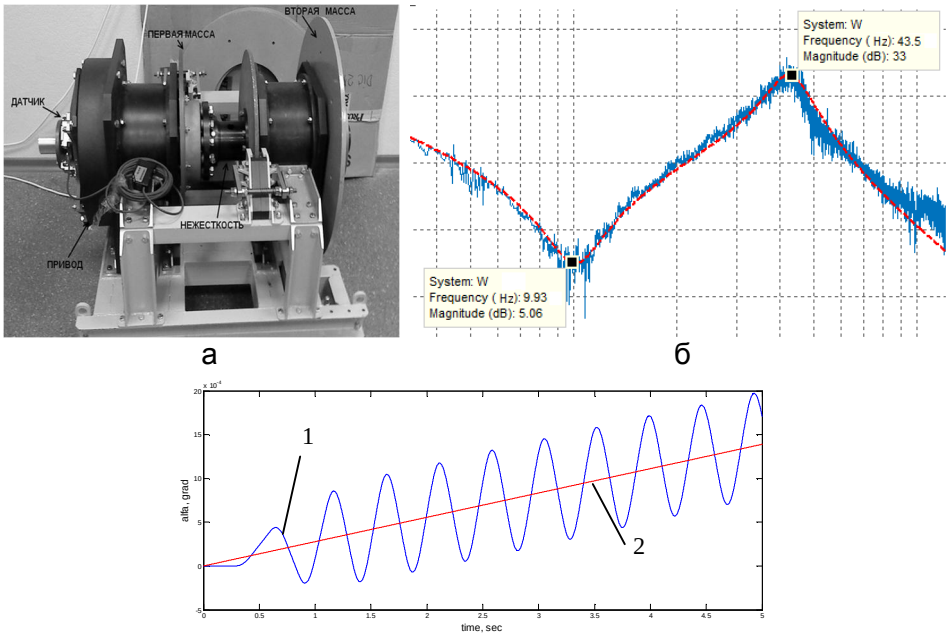


Рис. 1. Общий вид макета (а); экспериментальная и аналитическая ЛАЧХ макета (б); переходные процессы в контуре положения (в)

Результаты моделирования с учетом сухого трения при линейно возрастающем сигнале задания приведены на рис. 1, в, где 1 – это сигнал задания, 2 – это график отработки сигнала задания подчиненной системой регулирования положения.

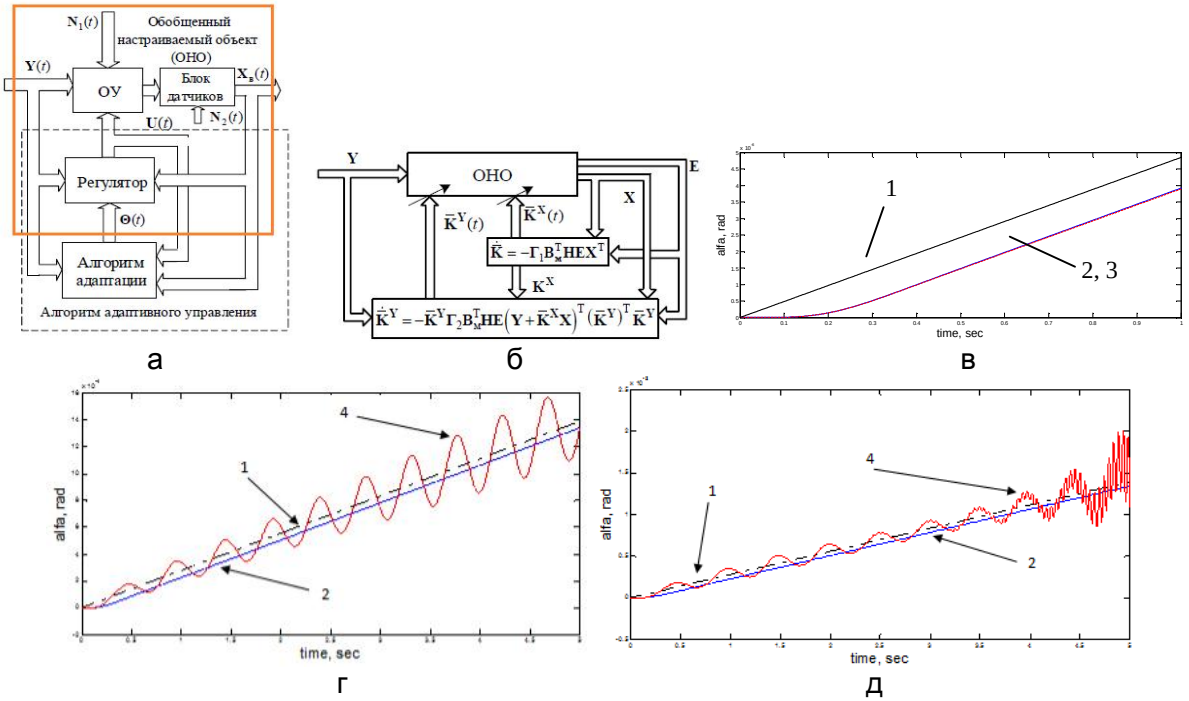


Рис. 2. Структурная схема адаптивной системы управления (а, б); переходные процессы в адаптивной системе управления положением (в–д)

Понятие устойчивости системы регулирования связано со способностью возвращаться в состояние равновесия после исчезновения внешних сил, выведших ее из этого состояния. Метод функций Ляпунова, один из основных методов исследования устойчивости и качества движения нелинейных систем, описываемых дифференциальными уравнениями, стал прикладным и по отношению к проблеме синтеза адаптивных систем управления. Структурная схема адаптивной системы управления приведена на рис. 2, а, б.

Объект управления описывается уравнением состояния

$$\overline{X} = AX(t) + BU(t), \quad (5)$$

где $X(t) \in Rn$ – вектор состояний ОУ; $U \in Rm$ – вектор управления; A, B – постоянные матрицы параметров ОУ.

С помощью эталонной модели задается желаемая динамика

$$\overline{X_m} = A_m X_m(t) + B_m Y(t), \quad (6)$$

где $X_m(t) \in Rn$ – вектор состояния эталонной модели; $Y(t) \in Rm$ – задающее воздействие. Эталонная модель выбирается в зависимости от требований, предъявляемых к замкнутой системе, при этом она должна быть устойчивой, т.е. матрица Ам–Гурвицева [1].

На первом этапе считается, что параметры известны, и рассчитывается, так называемый, «идеальный» регулятор.

Цель управления заключается в следующем:

$$\lim_{t\to\infty} E = \lim_{t\to\infty}(X(t) - X_m(t)) = 0. \quad (7)$$

Тогда для получения структуры идеального управления уравнение в отклонениях принимает вид

$$\overline{E} = A_m E(t) + (A - A_m)X(t) + BU(t) - B_m Y(t). \quad (8)$$

Для достижения ЦУ необходимо

$$(A - A_m)X(t) + BU(t) - B_m Y(t) = 0. \quad (9)$$

Уравнение идеального управления можно записать

$$U_*(t) = K_*^X X_m(t) + K_*^Y Y(t).$$

Для синтеза алгоритма настройки матриц используем квадратичную скалярную функцию вида [2, 3]

$$V = 0,5E^T HE + 0,5tr(\theta^T \Gamma^{-1}\theta), \quad (10)$$

где $\theta(t)$ – расширенная матрица отклонений настраиваемых коэффициентов от их идеальных значений. Главным требованием для устойчивости системы является только знакоопределенность функции V и ее производной.

При выборе алгоритма адаптации в виде [4]

$$\overline{\theta} = -\Gamma B_m^T HE\Sigma^T(t) \quad (11)$$

$$\Gamma = \Gamma^T > 0$$

функция

$$V > 0 \text{ и } \overline{V < 0}$$

т.е. является функцией Ляпунова. Система устойчива и цель $E(t) \to 0$ при $t \to \infty$ достигается.

Для успешного функционирования систем в реальных условиях требуется проверка робастности моделей с учетом возмущающих воздействий на объект управления. На инфранизких скоростях из возмущающих воздействий в основном следует учитывать момент сухого трения, не зависящий от скорости и изменяющий свой знак в зависимости от направления движения, который может стать причиной возникновения шагового режима [5].

График отработки линейно возрастающего сигнала полученной системой пятого порядка приведен на рис. 2, в. Также приведены сравнительные характеристики при изменении параметров системы – J_1 (рис. 2, г) и J_2 (рис. 2, д), где 1 – сигнал задания, 2 – график отработки сигнала задания адаптивной системой с прямым управлением, 3 – график отработки сигнала задания эталоном, 4 – график отработки сигнала задания подчиненной системой регулирования.

Недостатки подчиненной системы регулирования, такие как возникновение автоколебаний на инфранизких скоростях, ухудшение быстродействия каждого последующего контура, ограниченность в количестве контуров, расширение полосы пропускания и снижение помехоустойчивости привода при попытке повышения быстродействия делают ее неконкурентоспособной, по сравнению с адаптивными системами управления.

Главный критерий, по которому подчиненное регулирование уступает системе прямого адаптивного управления – недостаточная гибкость к изменениям параметров регулируемого объекта. Индивидуальная наладка каждого контура ведет к тому, что при изменении одного из параметров объекта управления в переходные процессы системах подчиненного регулирования перестают соответствовать желаемым, либо вовсе становятся расходящимися.

Адаптивная система позволяет управлять нелинейными и меняющимися во времени системами. Полученная в результате работы адаптивная система управления не допускает режима автоколебаний на низких скоростях, что подтверждает ее эффективность в данной области применения.

Литература

1. Пупков К.А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления. – 2-е изд., перераб. и доп. – Т. 5: Методы современной теории автоматического управления. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
2. Красовский А.А. Оптимальные алгоритмы в задаче идентификации с адаптивной моделью // Автоматика и телемеханика. – 1976. – № 12. – С. 75–82.
3. Фрадков А.Л. Схема скоростного градиента и ее применение в задачах адаптивного управления // Автоматика и телемеханика. – 1979. – № 9. – С. 90–101.
4. Андриевский Б.Р., Стоцкий А.А., Фрадков А.Л. Алгоритмы скоростного градиента в задачах управления и адаптации // Автоматика и телемеханика. – 1988. – № 12. – С. 3–39.
5. Абдуллин А.А. Разработка и исследование методов повышения точности следящих электроприводов с упругой нагрузкой: дис. канд. техн. наук. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 230 с.



Ахмадуллин Радик Минзагитович
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра лазерных технологий и систем, группа № В4215
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: radson0radson@yandex.ru

УДК 621.373.826

ЛУЧЕВАЯ ПРОЧНОСТЬ ОТРАЖАЮЩИХ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ НА ПОГЛОЩАЮЩУЮ ПОДЛОЖКУ

Ахмадуллин Р.М.
Научный руководитель – к.т.н., ассистент Сергеев А.Н.

Одной из актуальных практических задач является разработка оптических элементов для лазерных излучателей, предназначенных для использования в космосе. В связи с высокой стоимостью вывода полезного груза на орбиту, для таких излучателей существуют повышенные требования к массово-габаритным характеристикам. Перспективным с этой точки зрения материалом, в частности для высокоотражающих оптических элементов, является карбид кремния. Однако для длины излучения одного из наиболее распространенных для применения в космосе лазеров (Nd:YAG, 1064 нм) данный материал обладает высоким показателем поглощения. В связи с этим встает задача исследования лучевой прочности отражающих оптических покрытий, нанесенных на поглощающую подложку. В работе исследованы особенности лучевой прочности диэлектрических многослойных зеркал, имеющих показатель отражения более 99%. Покрытия HfO_2/SiO_2 и Ta_2O_5/SiO_2 были нанесены на поглощающую подложку из монокристаллического SiC. Экспериментально определена лучевая прочность покрытий методом однократного и многократного воздействия в одну точку. При помощи моделирования в программе COMSOL Multiphysics рассчитаны градиенты температур и связанные с ними напряжения в процессе облучения зеркал лазерным излучением (ЛИ).

В момент взаимодействия лазерного луча с поверхностью материала или детали, часть энергии поглощается в виде тепла. Поглощение энергии влечет за собой тепловое расширение, деформации, двойное лучепреломление, движение внутренних дефектов, растрескивание, плавление и катастрофическое разрушение. Высокая плотность пиковой мощности может также привести к появлению нелинейного поглощения и пропускания, генерации второй гармоники, оптических параметрических колебаний и самофокусировки. Эти эффекты могут увеличить количество поглощенной энергии и снизить порог лазерного индуцированного разрушения материала.

Существует четыре преобладающих сценария, при которых может быть инициировано тепловое разрушение. Первый – в прозрачных и полупрозрачных материалах, где лазерная энергия распределена в слегка усеченном цилиндре. Второй сценарий состоит в том, что материал, о котором идет речь, сильно поглощает поверхностью материала, и небольшая энергия проникает в материал (например, в случае металлических зеркал или материалов имеющих большой пик поглощения на рабочей длине волны). Третий сценарий заключается в том, что в полупрозрачном материале имеются поглощающие включения (например, металлические частицы в

стекле или углеродные частицы в алмазе) или там, где есть небольшие, очень подвижные границы зерен, которые могут перемещаться с повышением температуры и могут объединяться, образуя тепловые барьеры с последующим растрескиванием. Существует четвертый сценарий, вызванный неэффективной обработкой поверхности. Третий и четвертый сценарии отбрасываются для идеального однородного материала [1].

В проведенном цикле экспериментов по определению лучевой прочности диэлектрических покрытий в импульсном режиме в качестве излучателя использовался лазер на $Nd:YVO_3$, с продольной накачкой от лазерного диодного модуля, электрооптической модуляцией добротности и скоростным электронным модулем управления энергией выходных импульсов. С помощью поляризационного ослабителя, состоящего из поляризатора и установленной полуволновой фазовой пластинки, энергия в импульсе могла регулироваться с сохранением временного профиля. Используемый объектив с фокусным расстоянием F=100 мм обеспечивал размер пятна в перетяжке 29 мкм. Для определения порогов разрушения в условиях аналогичных воздействию непрерывного ЛИ дополнительно использовался волоконный Yb-лазер серии ILP с непрерывной накачкой. Частота повторения импульсов выбиралась 20 или 100 КГц. Размер пятна в перетяжке составлял 24 мкм по уровню e^{-2} при близком к гауссову профилю.

При оценке величины лучевой прочности образцов использовались методики тест маркировок в режиме 1-on-1 и S-on-1. Однократное испытание, также известное как тест 1-on-1, представляет собой процедуру тестирования, которая использует один выстрел ЛИ на каждом последующем неэкспонированном участке образца. Тест требует, по крайней мере, выборки из 10 областей на образце, подверженных воздействию одной и той же лазерной энергии. Доля поврежденных участков регистрируется как вероятность повреждения для данного излучения. Эта процедура повторяется для других значений энергии ЛИ до тех пор, пока диапазон значений не станет достаточно широким, чтобы включить значения излучения, приводящие к нулю и 100% вероятности повреждения. Из этих данных рассчитывается вероятность возникновения пробоя от плотности мощности. Тест S-on-1 аналогичен тесту 1-on-1 за исключением количества импульсов, наносимых в одну точку [2].

Объединенные результаты исследований лучевой прочности покрытий HfO_2/SiO_2 и Ta_2O_3/SiO_2 на образцах из монокристаллического SiC в импульсном и квазинепрерывном режимах ЛИ представлены в таблице.

Таблица. Результаты исследования лучевой прочности образцов

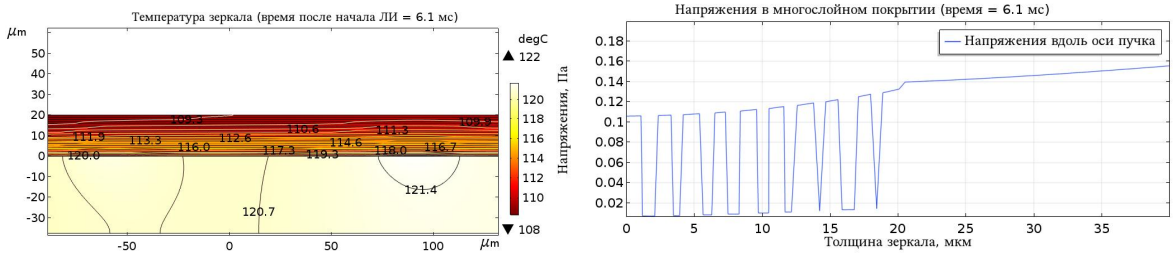
№ п/п	Режим	Импульсный режим, пороговая пиковая плотность мощности, ГВт/см^2			Квазинепрерывный режим, МВт/см^2		
	Образец /Режим	I	II	III	I	II	III
1	HfO_2/SiO_2 на SiC	3,7	1,5	1,2	>0,6	0,15÷0,18	0,3÷0,35
2	Ta_2O_3/SiO_2 на SiC	2,7	0,8	0,8	0,5÷0,6	0,13÷0,36	0,12÷0,2

Динамика разрушения покрытий Ta_2O_5/SiO_2 и HfO_2/SiO_2 в пределах одного скана существенно различалась. В режиме одиночного импульса или кратковременного (несколько секунд) воздействия ЛИ (режим I) пороги разрушения существенно выше, чем при наличии смещения пучка или образца в результате перемещения или механической вибрации (режим II). Последнее связано, по-видимому, с изменением установившегося температурного профиля и профиля напряжений в покрытии и подложке. Появление динамических градиентов приводит к

разрыву пленкообразующих материалов. Лучевая прочность снижается и при наличии пробитой области в ближайшей окрестности от области текущего воздействия лазерного пучка (режим III). Данный факт можно связать с распылением по поверхности покрытия частиц, возникающих в плазменном факеле в момент разрушения соседней области поверхности.

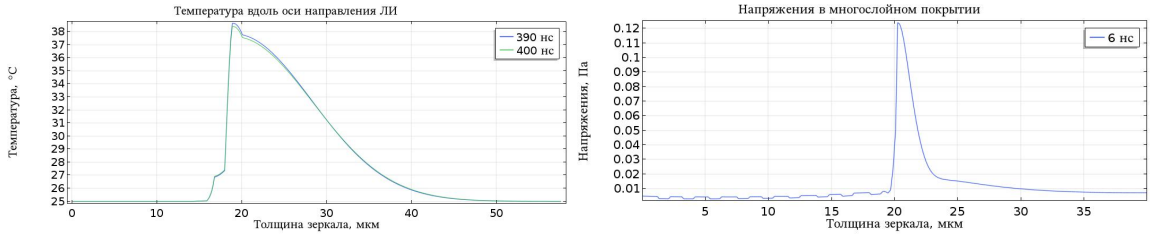
Моделирование напряжений в результате воздействия ЛИ на многослойное покрытие, нанесенное на поглощающую подложку, осуществлялось в пакете COMSOL Multiphysics. Программа позволяет решить дифференциальное уравнение теплопроводности методом конечных элементов. Начальные и граничные условия: начальная температура системы равна T_0=293 К; на поверхность подложки (при y=0) происходит перенос тепла, возникающий от воздействия ЛИ, который задан граничным условием первого рода, определяющее поведение системы на границе области; на свободных границах установлено граничное условие третьего рода, описывающее теплообмен с окружающей средой – естественная конвекция [3].

Результатами моделирования являются рис. 1 и 2. На рис. 1 заметны локальные перепады температур и напряжения внутри нанесенных слоев после смещения пучка на 90 мкм вперед, затем через 2 мс на 150 мкм назад. На рис. 2 представлены напряжения при максимальной температуре нагрева подложки (в момент окончания импульса), а также приведено распределение температурного поля после окончания импульса, на котором заметна область аккумулирования тепла в нижних нанесенных слоях, что ведет к напряжениям между вышележащими слоями и подложкой.



а б

Рис. 1. Результаты моделирования зеркала под воздействием непрерывного излучения с поступательно возвратным смещением (имитация вибрации)



а б

Рис. 2. Результаты моделирования зеркала под воздействием неподвижного импульсного излучения

Выявлены области локальных температурных перепадов при смещении пучка в плоскости поверхности, относительно начальной точки взаимодействия ЛИ с подложкой. В ходе моделирования, наиболее выраженные локальные перепады температур обнаружены при имитации вибрационного движения, что соответствует результатам эксперимента. В рамках тестирования лучевой прочности образцов, перераспределение тепловых полей возможны лишь при переходе от одной точки скана к другой, что может повлечь изменение точности значения лучевой прочности образца и этот факт нужно учитывать при оценке лучевой прочности диэлектрических зеркал, нанесенных на поглощающие подложки.

Более выраженным напряжениям, вследствие температурных градиентов могут способствовать следующие факторы, которые не учитывались при моделировании:
- теплофизические параметры, зависящие от температуры материала;
- пористость покрытий, что ведет к менее идеальному тепловому контакту с подложкой;
- изменение показателя преломления слоев с увеличением температуры, и как следствие изменение оптической длины покрытий (нарушение условия толщины кратной λ/4) и коэффициента отражения зеркала.

Последнее ведет к увеличению поглощаемой падающей ЛИ подложкой из SiC.

Литература

1. Koechner W. Solid-State Laser Engineering. – New York: Springer, 2006. – P. 616.
2. ISO 21254-2:2011. Лазеры и связанное с ними оборудование. Методы определения порога внесенного лазером повреждения оптической поверхности. Часть 2. Определение порога. – Введен 01.10.2011. – 44 с.
3. Liu J., Lu J., Ni X., Dai G., Zhang L. Thermal stress cleaving of silicon wafer by pulsed Nd:YAG laser // Chin. Opt. Lett. – 2000. – V. 8. – P. 1000–1003.



Баранова Евгения Александровна
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: e-baranova93@mail.ru

УДК 519.876.5, 001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОСТУПАТЕЛЬНЫХ ВИБРАЦИЙ НА МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП RR-ТИПА КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Баранова Е.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Евстифеев М.И.

Микромеханический гироскоп (ММГ) является одними из наиболее широко применяемых и перспективных датчиков угловой скорости в современных системах ориентации и навигации. Это объясняется тем, что ММГ обладает рядом существенных преимуществ, которые свойственны далеко не всем навигационным приборам: сочетание низкой стоимости и малых значений массогабаритных характеристик; объединение высокой надежности и высоких эксплуатационных характеристик с низким энергопотреблением. В настоящее время ММГ широко используются в различной аппаратуре гражданской и военной техники [1]. Аналитическая компания Yole прогнозирует, что рынок высокопроизводительных гироскопов будет расти с годовой ставкой 4,4% и достигнет 1,69 млрд. долларов в 2019 году [2].

Одним из методов дальнейшего исследования и усовершенствования конструкции ММГ является изучение и уточнение его математической модели.

Получение адекватной модели прибора позволяет исследовать его реакцию на внешние воздействующие факторы. Настоящая работа посвящена построению модели ММГ RR-типа компенсационного преобразования, учитывающей динамику инерционного тела, электромеханические нелинейные эффекты в емкостных преобразователях и неравенство их параметров в канале вторичных колебаний.

В настоящее время в АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» разработаны модификации ММГ RR-типа прямого (ММГ-2 с собственной частотой 3 кГц, ММГ-ЭПТРОН с собственной частотой 8 кГц) и компенсационного преобразований (ММГ-ЭП1 с резонансными частотами подвеса ИТ 3 и 8 кГц).

Воздействие поступательных вибраций на ММГ прямого преобразования уже достаточно хорошо изучено. Для того, чтобы определить изменения характеристик прибора и выявить резонансные частоты проведены испытания при воздействии синусоидальной одночастотной вибрации с амплитудой 2g в диапазоне частот 2–2000 Гц.

В полученном выходном сигнале на частотах выше 1 кГц уровень сигнала значительно возрастает, а на частотах 1 кГц и 1,5 кГц уровень сигнала ММГ доходит до 500°/с. Причиной возникновения резонансных пиков являются нелинейные электромеханические эффекты в емкостных преобразователей в системе управления [3].

Резонансные пики в выходном сигнале появляются и у ММГ RR-типа компенсационного преобразования. При проведении экспериментальных исследований получен выходной сигнал ММГ-ЭП1 (рис. 1) с резонансной частотой подвеса инерционного тела 3 кГц при воздействии синусоидальной вибрации с амплитудой 8g и переменной частотой в диапазоне 150–2000 Гц [4].

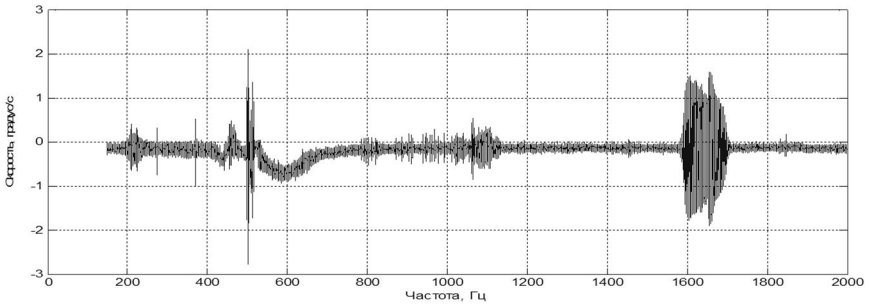


Рис. 1. Выходной сигнал ММГ-ЭП1 при воздействии поступательной вибрации W_z

Аналогично ММГ прямого типа, виден рост шумовых составляющих выше частоты 1 кГц, а на конкретных частотах (1 кГц и 1,5 кГц) возникают резонансные усиления в выходном сигнале.

Моисеевым Н.В. разработана в Simulink компьютерная модель ММГ RR-типа компенсационного преобразования с расширенным диапазоном измерений [5]. Однако эта модель не позволяет выработать требования по повышению виброустойчивости прибора, так как учитывает только динамику вторичных колебаний. Таким образом, в настоящий момент нет компьютерной модели ММГ RR-типа компенсационного преобразования, учитывающей динамику инерционного тела и электромеханические нелинейные эффекты в емкостных преобразователях и, следовательно, позволяющей исследовать влияние вибрационного воздействия на работу прибора.

Модель гироскопа компенсационного типа была разработана на основе готовых моделей ММГ прямого и компенсационного типов [3, 5]. В результате была получена компьютерная модель ММГ компенсационного типа, учитывающая динамику инерционного тела и электромеханические нелинейные эффекты в емкостных преобразователях и неравенство их параметров в канале вторичных колебаний. Модель реализована в программной среде Simulink MATLAB. Модель ММГ включает

в себя канал первичных колебаний, канал вторичных колебаний и систему обработки выходного сигнала гироскопа (рис. 2).

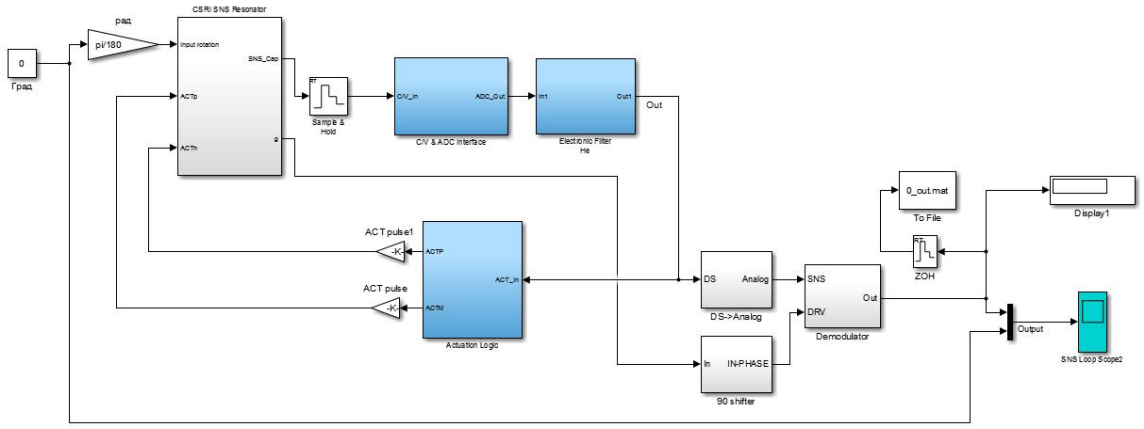
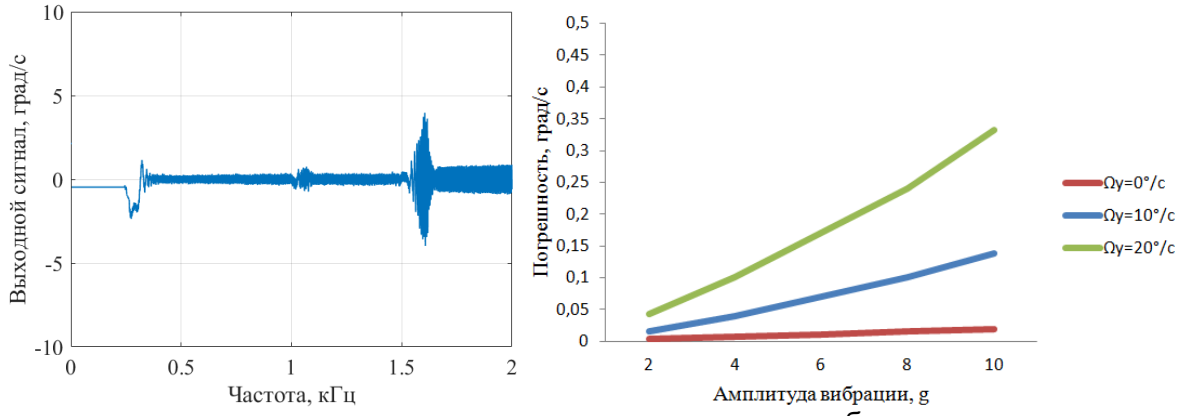


Рис. 2. Модель ММГ RR-типа компенсационного преобразования в Simulink

Проведено моделирование вибрационного воздействия на разработанную модель ММГ при отсутствии воздействия на него угловой скорости. Моделирование вибрационного воздействия осуществлялось с помощью метода «качающейся частоты» при фиксированной амплитуде в диапазоне частот 20–2000 Гц. Моделирование проводилось только относительно оси OZ. Результаты моделирования представлены на рис. 3, а.



а б

Рис. 3. Выходной сигнал модели ММГ при воздействии поступательной вибрации W_z (а); зависимость ошибки определения угловой скорости от амплитуды вибрации при действующей на основание угловой скорости Ω_y (б)

Проанализировав экспериментальные данные (рис. 1) и результаты моделирования (рис. 3, а), сделаем следующий вывод: выходной сигнал разработанной модели практически полностью совпадает с выходным сигналом ММГ-ЭП1. В выходном сигнале разработанной модели ММГ возникают резонансные усиления на субкратных частотах первичных колебаний. Появление резонансных пиков обусловлено, также как и для гироскопа прямого типа, электромеханическими нелинейными эффектами в емкостных преобразователях в канале вторичных колебаний.

Проведено моделирование одновременного воздействия на ММГ RR-типа компенсационного преобразования постоянной угловой скорости Ω_y и поступательной вибрации относительно оси OZ в диапазоне частот 20–2000 Гц с амплитудой ускорения от 2 до 10g. Рассчитано значение ошибки определения угловой скорости при воздействии вибрации по следующей формуле:

$$\delta_{\omega w} = \left| \Omega_y - u_{\text{вых}}^{\text{ср}} \right|,$$

где $u_{\text{вых}}^{\text{ср}}$ – среднее значение выходного сигнала модели ММГ; Ω_y – заданное значение угловой скорости.

Зависимость ошибки определения угловой скорости от амплитуды вибрации приведена на рис. 3, б.

По полученным данным видно, что чем больше угловая скорость, которая воздействует на основание одновременно с вибрацией, тем больше величина ошибки. С увеличением амплитуды вибрационного воздействия возрастает и ошибка определения угловой скорости.

Исследовано раздельное влияние электромеханических нелинейных эффектов в емкостных преобразователях вторичных колебаний и неравенство их параметров на выходной сигнал ММГ под действием вибрации. Для этого проведено моделирование воздействия вибрации с амплитудой $10g$ в диапазоне частот 20–2000 Гц. На первом этапе был зафиксирован коэффициент, отвечающий за неравенство параметров для датчиков момента (ДМ). Значение коэффициента для датчиков угла (ДУ) варьировалось от 0,9 до 1,1 с шагом 0,05. На втором этапе был зафиксирован коэффициент, отвечающий за неравенство параметров для ДУ.

На рис. 4 представлена зависимость величины резонансного пика на второй субкратной частоте первичных колебаний от коэффициентов, характеризующих неравенство параметром ДУ и ДМ.

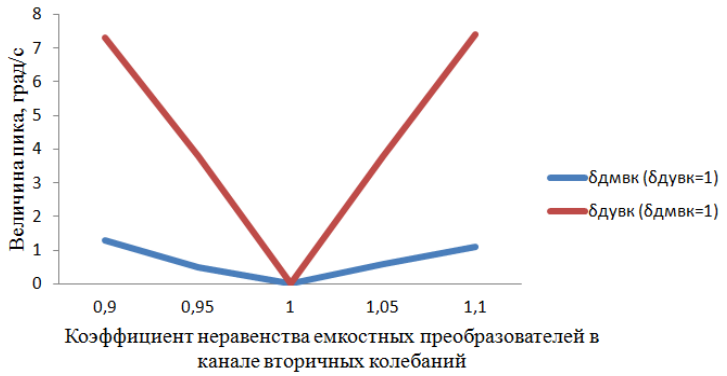


Рис. 4. Величина резонансного пика на второй субкратной частоте первичных колебаний при воздействии поступательной вибрации W_z

В процессе выполнения работы получены следующие результаты:

1. разработана адекватная математическая модель ММГ RR-типа компенсационного преобразования, учитывающая динамику инерционного тела, электромеханические нелинейные эффекты в емкостных преобразователей и неравенство их параметров в канале вторичных колебаний;
2. исследована реакция разработанной системы на поступательные вибрации. В выходном сигнале гироскопа обнаружены резонансные усиления величиной до 5°/с на субкратных частотах первичных колебаний, которые вызваны нелинейностью емкостных преобразователей в канале вторичных колебаний и неравенством их параметров;
3. амплитуда резонансных усилений на субкратных частотах первичных колебаний имеет линейный характер. Отклонение от линейности не превышает 4%;
4. проанализировано раздельное влияние ДУ и ДМ на выходной сигнал исследуемого ММГ. Установлено, что размах резонансных пиков на второй субкратной частоте первичных колебаний при неравенстве параметров ДУ в 3 раза превышает размах резонансных пиков при неравенстве параметров ДМ;

5. получено качественное совпадение результатов моделирования с результатами экспериментальных данных, что позволяет использовать разработанную модель для выработки требований по повышению виброустойчивости прибора.

Литература

1. Пешехонов В.Г. и др. Отечественный микромеханический гироскоп RR-типа. Современное состояние и перспективы // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2012. – № 19. – С. 108–114.
2. Claire T., Guillaume G., Mike P. High-End Gyroscopes, Accelerometers and IMUs for Defense, Aerospace & Industrial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.i-micronews.com/report/product/high-end-gyroscopes-accelerometers-and-imus-for-defense-aerospace-industrial.html, своб.
3. Елисеев Д.П. Повышение виброустойчивости микромеханического гироскопа RR-типа : дис. … канд. техн. наук. – СПб., 2015. – С. 12–74.
4. Некрасов Я.А., Моисеев Н.В., Беляев Я.В., Павлова С.В., Люкшонков Р.Г. Влияние поступательных вибраций, ударов и акустических помех на характеристики микромеханического гироскопа // Гироскопия и навигация. – 2016. – № 2(93). – С. 59–60.
5. Моисеев Н.В. Микромеханический гироскоп компенсационного типа с расширенным диапазоном измерения: дис. … канд. техн. наук. – СПб., 2015. – С. 92–94.



Бородина Ксения Игоревна
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № А4205
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: k.i.borodina@gmail.com

УДК 614.893.22

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ГЛАЗ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Бородина К.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Область применения лазеров и лазерных установок в последнее время заметно расширяется, что связано с уникальными свойствами лазерного излучения (ЛИ) (монохроматичность, когерентность, малая расходимость пучка), обусловленными природой его создания. При этом ЛИ является опасным для биологических тканей человека, особенно для органов зрения: воздействие прямого ЛИ на глаза может привести к ожогу сетчатки, а в худшем случае к потере зрения.

С целью предотвращения негативного воздействия ЛИ на орган зрения, при работе с лазерами и лазерными установками применяют очки для защиты от ЛИ [1]. Как и любые средства индивидуальной защиты (СИЗ), очки для защиты от ЛИ должны проходить процедуру подтверждения соответствия заявленных параметров требованиям нормативных документов. Одним из основных этапов прохождения процедуры подтверждения соответствия является проведение испытаний в лабораториях.

На сегодняшний день при прохождении процедуры подтверждения соответствия не проводятся испытания очков для защиты от ЛИ по показателю устойчивости к ЛИ, который является одним из основных для указанного типа СИЗ. В связи с этим, процедура подтверждения соответствия очков защитных заявленным требованиям является неполноценной, в результате чего потребители не получают гарантий качества приобретаемой продукции.

Данная проблема обусловлена недостаточной оснащенностью испытательных лабораторий: оборудование, необходимое для проведения испытаний очков защитных по показателю устойчивости к ЛИ, в частности лазерные системы различных типов, достаточно дорогостоящие. Ввиду этого, на базе одной лаборатории приобрести все лазерные системы (согласно Российскому законодательству, испытательная лаборатория должна иметь в собственности все необходимое оборудование, аттестованное в соответствующем порядке) практически невозможно и экономически нецелесообразно.

В европейских испытательных лабораториях, при проведении испытаний в соответствии со стандартами EN 207 и EN 208 (гармонизированные [2, 3]) широко применяется практика проведения испытаний по показателю устойчивости к ЛИ с привлечением сторонних организаций (НИИ, производственные объекты и т.д.), которые оснащены лазерными системами, удовлетворяющими требования нормативных документов. При этом специалисты лаборатории используют принадлежащие им откалиброванные (поверенные) средства измерений для предварительной аттестации лазерных систем перед проведением испытаний.

Впервые в России будет разработана Методика испытаний средств индивидуальной защиты глаз от ЛИ по показателю устойчивости к ЛИ и проведены испытания очков защитных по показателю устойчивости к ЛИ. В настоящее время ИЛ СИЗ ООО «МОНИТРИНГ» совместно со специалистами международной лаборатории «Лазерные системы» Университета ИТМО ведутся работы по подготовке и проведению испытаний средств индивидуальной защиты глаз по показателю устойчивости к ЛИ, что в перспективе позволит проводить процедуру подтверждения соответствия СИЗ в полном объеме.

Необходимость разработки указанной методики обусловлена тем, что в методе проведения испытаний по показателю устойчивости к ЛИ, изложенным в п. 5.4 [2], отсутствует порядок подготовки к испытаниям, последовательность действий во время испытания, а также перечень необходимого оборудования и средств измерения – все то, что является основой проведения полноценных испытаний.

Перед началом разработки методики были подробно изучены нормативные документы, относящие к очкам для защиты от ЛИ. Были рассмотрены методы проведения испытаний различных показателей очков защитных, изложенные в [4].

Была проведена масштабная работа по поиску организаций, предприятий, лабораторий и исследовательских институтов, имеющих необходимые для проведения испытаний лазерные системы. Однако не все подобранные в результате анализа лазерные системы подходили для проведения экспериментальных испытаний имеющихся очков для защиты от ЛИ. Кроме того, осуществлялся подбор средств измерения выходных параметров лазера в процессе чего, было установлено, что средство измерения ЛИ не являются универсальными, они подбираются для лазерной системы с известными параметрами, иными словами, приобрести средство измерения, не зная для какой лазерной системы оно применяться невозможно.

В результате анализа, было принято решение проводить экспериментальные испытания в рамках данной работы с привлечением международной лаборатории «Лазерные системы» Университета ИТМО, в которой имеются лазерные системы, с

параметрами излучения, соответствующими маркировке испытуемых тестовых очков, а также поверенные средства измерения, подходящие к имеющимся лазерным системам.

С целью изучения работы лазерной установки на конкретном примере, формирования представления о необходимых средствах изменения и вспомогательном оборудовании, а также для ознакомления с местом предстоящих экспериментальных испытаний, магистрант Бородина К.И. и специалисты ИЛ СИЗ ООО «МОНИТОРИНГ» посетили международную лабораторию «Лазерные системы» Университета ИТМО.

На основании полученных данных был сформирован порядок подготовки и проведения испытаний, предложен список необходимого оборудования и средств измерений, подготовлена принципиальная оптическая схема расположения всех элементов, необходимых при проведении испытаний.

После ознакомления, корректировки и одобрения проекта Методики инженером 1к и заместителем руководителя ИЛ СИЗ ООО «МОНИТОРИНГ», проект Методики был отправлен в международную лабораторию «Лазерные системы» Университета ИТМО для согласования.

Экспериментальные испытания проводились магистрантом Университета ИТМО Бородиной К.И. в международной лаборатории «Лазерные системы» Университета ИТМО, в присутствии представителя лаборатории «Лазерные системы» Университета ИТМО и инженера 1к ИЛ СИЗ ООО «МОНИТОРИНГ».

На первом этапе были проведены испытания образцов очков защитных под номерами 1–5, которые, согласно маркировке, должны обеспечивать защиту в видимом диапазоне излучения. Испытания проводились при помощи Лазерной твердотельной импульсной системы LQ929B с генерацией излучения на длине волны 532 нм. Для представленных образцов указанная длина волны является верхнем значением диапазона, на котором они осуществляют защиту, что соответствует требованиям разработанной Методики.

Затем, проводились испытания образцов под номерами 6–9, осуществляющих защиту от излучения ближнего диапазона ИК-спектра, с применением Лазера импульсного перестраиваемого LX329, генерирующего излучение в диапазоне от 690 до 960 нм. Перед испытанием каждого образца производилась перестройка лазерной системы для генерации необходимой длины волны, согласно Руководству по эксплуатации. При этом энергия генерируемого излучения так же изменяла свои значения, что позволяло добиться требуемой плотности энергии, соответствующей степени защиты, указанной на маркировке очков.

Образцы под номерами 1, 3–5 помимо защиты от излучения видимого диапазона спектра, осуществляют защиту от ближнего УФ-спектра. Поэтому, для проведения испытаний применялся Генератор третьей гармоники LG312, осуществляющий генерацию излучения в диапазоне от 230 до 320 нм, для чего была осуществлена перестройка лазерной системы, в соответствии с Руководством по эксплуатации.

Образцы под номерами 4, 8–11, согласно маркировке, должны предотвращать воздействие ЛИ ИК-спектра. Для испытаний применялся CO_2-лазер непрерывного режима работы, с генерацией излучения на длине волны 1064 нм.

В результате визуальной оценки было установлено, что после проведения описанных испытаний у всех образцов со стороны светофильтров, обращенных к глазу, не отделялись осколки. Также, у всех образцов не проявлялось индуцированное пропускание, как видно из таблицы, что соответствует требованиям [2].

Таблица. Результаты экспериментальных испытаний очков для защиты от ЛИ

Номер образца	Степень защиты, согласно маркировке	Расчетные значения τ_λ^*, полученные в результате испытаний	Максимально допустимое значение τ_λ^* по ГОСТ Р 12.4.254-2010	Соответствие требованиям ГОСТ Р 12.4.254-2010
1	L 6	0,0000093	10^{-6}	Соотв.
2	L 6	0,0000564		Соотв.
3	L 6	0,0000271		Соотв.
4	LB 6	0,0000524		Соотв.
5	L 6	0,0000182		Соотв.
6	L 6	0,0000036		Соотв.
7	L 5	0,000007	10^{-5}	Соотв.
8	L4	0,00009	10^{-4}	Соотв.
	L 5	0,000006	10^{-5}	Соотв.
9	L 6	0,0000074	10^{-6}	Соотв.
	L 5	0,000018	10^{-5}	Соотв.
	L 6	0,0000041	10^{-6}	Соотв.
10	L 5	0,000003	10^{-5}	Соотв.
11	LB 6	0,0000115	10^{-6}	Соотв.

*τ_λ – спектральный коэффициент пропускания, %.

Из таблицы видно, что значения спектрального коэффициента пропускания, полученные путем расчета, приведенным в разработанной Методике, не превышают максимально допустимых значений по данному показателю.

Для дальнейшего проведения испытаний, аналогичных продемонстрированным в данной работе, ИЛ СИЗ ООО «МОНИТОРИНГ» необходимо приобретение средства измерения (далее оборудования), включающего фотодиодный датчик энергии модели PD10-C и измеритель Nova II фирмы OphirOptronicsSolutions, рыночная стоимость которого на данный момент составляет примерно 410 тыс. руб. Для определения целесообразности приобретения данного оборудования испытательной лабораторией, был рассчитан срок его окупаемости с учетом предварительно произведенного расчета себестоимости, стоимости проводимых испытаний и прибыли, который составляет примерно 2 года и 8 месяцев, при условии проведения 13 испытаний в год.

Данная работа является основой для проведения процедуры подтверждения соответствия лазерных очков требованиям нормативных документов в полном объеме. Это позволит значительно повысить уровень защиты пользователей при работе с лазерными системами, а также повысить качество продукции представленной на рынке.

Литература

1. ГОСТ IEC 60825-1-2013. Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей. – Введен 01.07.2014. – М.: Стандартинформ, 2013. – 21 с.
2. ГОСТ Р 12.4.254-2010. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз. Очки для защиты от лазерного излучения. Общие технические требования и методы. – Введен 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.
3. ГОСТ EN 208-2014. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты глаз при работе по настройке лазеров и лазерных систем. Общие технические требования, методы испытаний, маркировка. – Введен 01.12.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.
4. ГОСТ Р 12.4.230.2-2007. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз. Методы испытаний оптических и неоптических параметров. – Введен 30.06.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 47 с.



Бортников Владислав Максимович
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра мехатроники, группа № Р4225
Направление подготовки: 15.04.06 – Мехатроника и робототехника
e-mail: bortnikov.vladislav@e-sakha.ru

УДК 004.932

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Бортников В.М.
Научный руководитель – к.т.н., ст. преподаватель Абрамчук М.В.

Одним из важнейших этапов деревообработки является выявление пороков древесины, сортировка пиломатериалов по качеству и правильный отбор участков пиломатериала, удовлетворяющих техническим условиям. Данные операции выполняются вручную или автоматизировано на всех без исключения деревообрабатывающих предприятиях. От того, насколько точно и эффективно решаются эти задачи, зависит, насколько эффективно предприятие использует закупаемую древесину. Современные технологии позволяют производить дорогие и качественные изделия из сырья достаточно низкого качества, однако, если анализ пороков и особенностей каждой доски проводится неверно, то, даже закупая дорогую древесину, которую отсортировал поставщик, предприятие не сможет производить по-настоящему качественную продукцию. Намного выгоднее правильно вырезать гнилой сучок из исходной доски, чем пропустить его на раннем этапе и отправить в брак готовое изделие целиком. Сегодня большинство технологий сканирования древесины реализуются на основе алгоритмов и принципов машинного зрения, которое имеет следующие особенности:

1. сочетание электрического оборудования и программного обеспечения;

2. датчики, которые производят изображения в двухмерном или трехмерном массиве измерений;
3. компьютерные программы, которые автоматически интерпретируют эти измерения в виде изображения для того, чтобы собрать информацию о тех свойствах, которые связаны с бревном или доской.

Разнообразные решения по автоматизации задач дефектации (процесс нахождения и классификации дефектов древесины) и сортировки пиломатериалов разрабатываются уже более 30 лет и, как правило, используют в своей работе дорогостоящие датчики, которые обуславливают высокую стоимость этих решений. Примерами таких систем являются сканеры пиломатериалов компаний WoodEye, MiCROTEC, FinScan. В рамках данной работы разработан программный комплекс для системы машинного зрения, который использует для получения информации о пиломатериале единственную цифровую камеру, что значительно упрощает все компоненты сканера пиломатериалов и положительно сказывается на цене всего решения для предприятия.

Примерный алгоритм работы системы представлен на рисунке. Доска, предназначенная для обследования, движется по ленточному транспортеру параллельно своей продольной оси. Это сделано для минимизации количества камер, необходимых для получения полного изображения доски. Поскольку ширина поля зрения камеры значительно меньше, чем возможная длина доски, необходимо каким-то образом собрать информацию о перемещениях доски относительно камеры. Эту информацию можно затем использовать для получения полного изображения доски из отдельных кадров видео-потока. Здесь для решения этой задачи применяются алгоритмы регистрации изображений на основе вычисления контрольных точек и их дескрипторов.

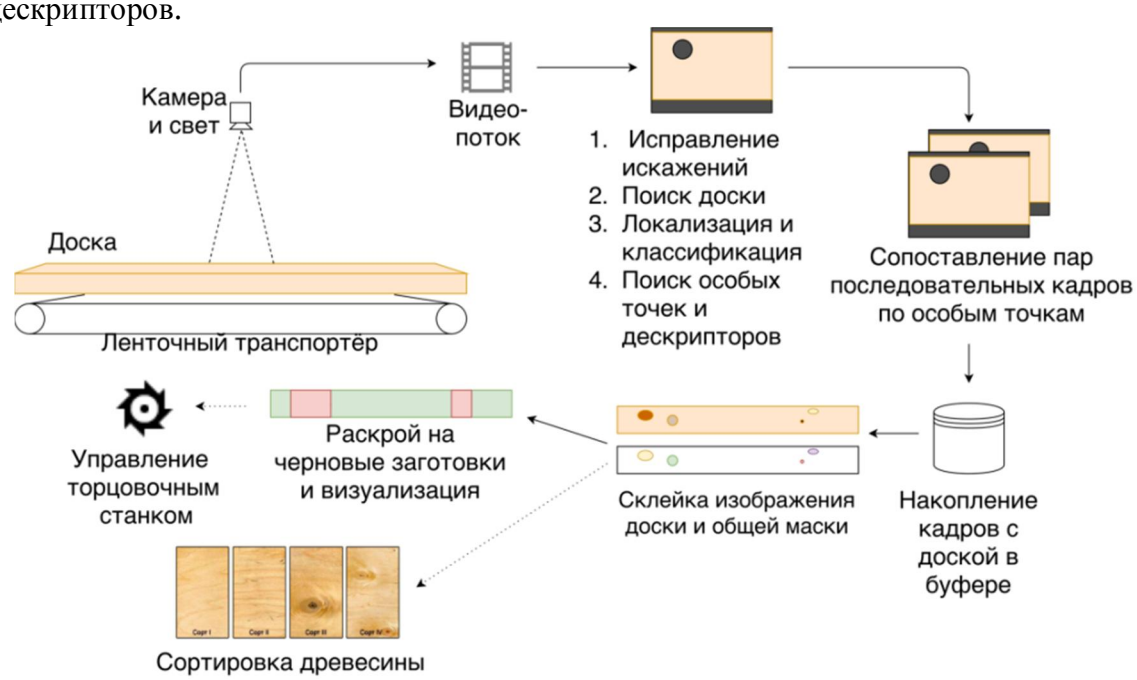


Рисунок. Примерный алгоритм работы системы

Такие алгоритмы используются, в частности, в программных продуктах, предназначенных для склейки панорам из отдельных изображений, и позволяют размещать кадры в единой координатной системе. Это достигается за счет выделения на изображении особых точек – точек сильных изменений яркости, которые соответствуют выделяющимся деталям изображения: углам, граням. Для

каждой такой особой точки затем вычисляется дескриптор – числовой вектор, описывающий особым образом окрестности точки. Как правило, инвариантен к общему уровню яркости, повороту (ориентации) и масштабу контрольной точки, благодаря чему возможно сравнивать напрямую дескрипторы особых точек, вычисленные на разных кадрах. Те особые точки, дескрипторы которых «совпали», можно использовать для вычисления модели движения камеры, или, в нашем случае, модели движения объекта (доски). Для вычисления особых точек и их дескрипторов применяется алгоритм Speeded Up Robust Features [1], затем для каждой последовательной пары кадров происходит сопоставление дескрипторов контрольных точек и с помощью алгоритма Progressive Sample and Consensus [2] вычисляется модель движения доски между кадрами. Модель движения представляет собой матрицу параллельного переноса.

Для того, чтобы исключить влияние на съемку перспективных искажений, которые привносит использованный объектив камеры, эти искажения исправляются для каждого кадра программным путем с помощью заранее подготовленной модели, которая вычисляется доступными в библиотеке OpenCV алгоритмами. Эти алгоритмы используют предварительно отснятое видео с калибровочным изображением.

Чтобы не обрабатывать во время работы системы статичный фон (например, ленту транспортера) и детектировать начало и конец доски на видео, применяются алгоритмы отделения объекта от фона.

Для каждого кадра производится локализация и классификация дефектов. Абсолютное большинство известных автору научных работ, решающих данную задачу, используют алгоритмы машинного обучения. В последние несколько лет машинное обучение, особенно в области обработки изображений и компьютерного зрения, сделало огромный шаг вперед, в первую очередь, благодаря сверточным нейронным сетям и возможности обучать большие сети со сложной архитектурой на огромных объемах данных. Неудивительно, что в данной работе для локализации и классификации дефектов древесины так же используется сверточная нейронная сеть.

Для того, чтобы получить с каждого изображения максимальный объем информации, локализацию и классификацию дефектов было решено реализовать на базе сверточной нейронной сети предназначенной для семантической сегментации изображения. В процессе такой сегментации каждому пикселю кадра назначается класс объекта, чье изображение содержит этот пиксель. В результате получается маска изображения, на которой легко выделить контуры дефектов, сохранена информация об их расположении, форме, размере. Для решения этой задачи применена нейронная сеть U-Net [3]. По сравнению с оригинальной работой мы уменьшили количество фильтров в каждом слое и заменили все функции активации на Exponential Linear Unit. Обучение производится на экспертной разметке с предварительным шагом предобучения, который проводится без учителя. В процессе обучения используется собственная целевая функция равная разности перекрестной энтропии и аппроксимации коэффициента Жаккара (mean intersection over union), при этом учитываются веса классов (зависят от количества пикселей в каждом классе). Использован алгоритм оптимизации Adam, поскольку он обеспечивает лучшую скорость и стабильность процесса обучения.

Поскольку нейронная сеть обучается на изображениях фиксированного размера, и они меньше чем размер кадра, каждый кадр с камеры необходимо разбить на фрагменты этого размера, обработать их нейронной сетью, и собрать

общую семантическую маску. Как и в оригинальной работе, в которой описана архитектура U-Net, фрагменты кадра перекрывают друг друга, и в общую маску попадают только центральные области предсказаний: там больше контекстной информации.

Все описанные раннее алгоритмы позволяют выделить с каждого кадра максимум информации для дальнейшей обработки. После того, как система получает все кадры доски, происходит склейка общего изображения, в результате чего получается еще и общая семантическая маска доски. Эту маску можно использовать как для сортировки пиломатериала по качеству, так и для раскроя доски на черновые заготовки для производства клееного пиломатериала (например, безсучковой доски). В данной работе решена последняя задача, для чего было реализовано два алгоритма оптимального раскроя доски. Оптимальным раскроем здесь называется такое деление доски на участки «здоровой» и «плохой» древесины, что длина «здоровых» участков максимальна. Полученную после склейки семантическую маску доски необходимо предобработать:

1. выделить границы дефектов;
2. объединить дефекты лежащие близко друг к другу;
3. сгенерировать список возможных позиций для пилы.

Затем либо алгоритмом полного перебора, либо генетическим алгоритмом, можно найти такое подмножество позиций, которое обеспечит наибольшую длину участков здоровой древесины. Алгоритм полного перебора способен найти лучшее решение среди всех вариантов, но он не практичен для досок с большим количеством дефектов. Генетический алгоритм может найти какое-нибудь локальное решение за фиксированное время.

В ходе работы установлено, что программный компонент обрабатывает кадры со скоростью 4,6 кадра в секунду, что на тестовых видео соответствует движению ленты транспортера со скоростью 0,25 м/с. Для повышения скорости обработки данных до 20 к/с (примерно 1 м/с), после профилирования работы комплекса, выработаны следующие рекомендации:

1. оптимизация архитектуры нейронной сети и другие работы по ускорению процесса «предсказания»;
2. перенос обработки изображений на графический ускоритель;
3. использование более производительных аппаратных средств.

Таким образом, в ходе работы разработан программный комплекс для системы машинного зрения, способный используя видео-поток с единственной камеры локализовать и классифицировать дефекты древесины, произвести оптимальный раскрой доски на черновые заготовки.

Литература

1. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. Speeded up robust features (SURF) // Computer Vision and Image Understanding. – 2008. – V. 110. – P. 346–359.
2. Chum O., Matas J. Matching with PROSAC – Progressive Sample Consensus // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recongnition. – 2005. – № 1. – P. 220–226.
3. Ronneberger O., Fisher P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. – 2015. – V. 9351. – P. 234–241.



Булыкина Анастасия Борисовна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: a.bulykina@mail.ru

УДК 535.513

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОЖНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МЕТОДОМ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Булыкина А.Б.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Рыжова В.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

В настоящее время одним из активно развивающихся направлений в медицине, является обнаружение кожных патологий на ранней стадии развития заболевания. Злокачественные патологии трудно обнаружить на начальной стадии заболевания. Это связано со сложностью классификации новообразования, недостаточной информативностью метода визуального исследования, который используют дерматологи. Для правильной постановки диагноза врач должен обладать большим практическим опытом работы с новообразованиями. Развитие оптических методов диагностики позволит диагностировать заболевание на ранней стадии. Поэтому для повышения качества диагностики кожных патологий и обеспечения безопасной жизнедеятельности человека представляется актуальным разработка стенда для проведения исследования поверхностных слоев кожного покрова.

Существует несколько аппаратных методов для диагностики новообразований – метод эллипсометрии, оптической когерентной томографии и конфокальной микроскопии. Их достоинства и недостатки представлены в таблице.

Таблица. Существующие диагностические методы исследования кожного покрова

Метод	Основное применение	Достоинства	Недостатки
Эллипсо-метрия	Фундаментальные исследования кожного покрова, оценка концентрации глюкозы в крови, исследование роговицы глаз	Высокая чувствительность к изменениям поляризации, большая вариация температур и давлений, мультиспектральные исследования	Сложный математический аппарат

Метод	Основное применение	Достоинства	Недостатки
Оптическая когерентная томография	Офтальмологические исследования	Высокое разрешение изображений, хорошая контрастность, построение трехмерных моделей исследуемых структур	Механическая система сканирования, низкая скорость формирования объемных образцов
Конфокальная микроскопия	Изучение структуры клеток и их органелл, изучение роговицы глаза, применение в эмбриологии	Высокое разрешение изображений, мультиспектральные исследования, построение 3D-изображений структур	Сложность в настройке прибора, влияние аберраций на качество изображения

В настоящее время метод эллипсометрии используется для фундаментальных исследований и имеет перспективы в ближайшем будущем стать одним из самых информативных методов исследования кожного покрова. Поэтому **целью работы** является разработка стенда для диагностики кожных образований методом эллипсометрии рассеянного излучения и исследование поверхностных слоев кожного покрова.

В ходе выполнения работы разработан стенд для исследования кожных покровов и проведено экспериментальное исследование кожи *in vivo*. Стенд лабораторной установки сформирован на базе метрологически поверенного излучающего канала (канала поляризатора) промышленного эллипсометра. Для получения изображения распределения облученности по сечению рассеянного кожей пучка используется приемный канал (канал анализатора) с видеоинформационным блоком обработки видеоинформации. На рис. 1 схематично представлен стенд для исследования кожного покрова.

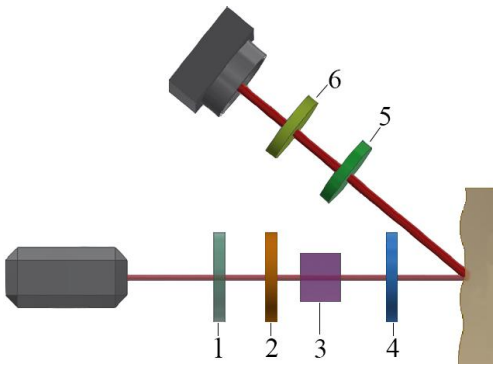


Рис. 1. Схематичное представление макета для исследования кожного покрова: 1, 2, 4 – компенсаторы (хроматические фазовые пластинки (ФП)); 3 – призма Глана; 5 – ахроматическая ФП; 6 – анализатор

Эксперимент проводится при комнатной температуре, в затемненном помещении, для уменьшения паразитной засветки матричного приемника. Угол падения излучения на объект для определенности устанавливается равным 45°. В результате эксперимента формируется набор данных из 6 матриц, соответствующих распределению интенсивности рассеянного образцом излучения на площадке многоэлементного приемника при различных положениях поляризационного фильтра канала анализатора.

Полученные в результате эксперимента файлы обрабатываются с помощью разработанного программного обеспечения.

В качестве входных данных для расчетов используются двумерные массивы распределения интенсивностей на чувствительной площадке матричного приемника. Программа считывает файлы из папки и вычисляет параметры Стокса для каждого пикселя изображения.

Для получения параметров Стокса можно воспользоваться тем, что они пропорциональны интенсивности. Поэтому измерив распределение интенсивности в изображении при разных положениях анализатора, возможно определить распределение параметров Стокса в сечении рассеянного кожей пучка:

$$\begin{aligned} S_0 &= I_x^2 + I_y^2 \\ S_1 &= I_x^2 - I_y^2 \\ S_2 &= I_{+45}^2 - I_{-45}^2 \\ S_3 &= I_r^2 - I_l^2 \end{aligned}, \quad (1)$$

где I_x – положение поляризатора и анализатора согласовано; I_y – скрещенное положение; I_{+45} – оси пропускания поляризатора и анализатора расположены под углом 45°; I_l – положение осей аналогично и в схеме присутствует ФП; I_{-45} – оси пропускания поляризатора и анализатора расположены под углом –45°; I_r – положение осей аналогично и в схеме присутствует ФП.

Поскольку среда мутная, то в излучении будет присутствовать поляризованная и деполяризованная составляющая. Общей интенсивности соответствует первый параметр Стокса, а три другие показывают вклад поляризованной составляющей [1]. Поэтому возможно определение степени поляризации:

$$P = \frac{\sqrt{S_2^2 + S_3^2 + S_4^2}}{S_1}. \quad (2)$$

Затем, используя полученные матрицы параметров Стокса и степень поляризации, вычисляются параметры поляризации – эллиптичность и азимут поляризованного излучения:

$$a = \frac{1}{2}\arctan\frac{S_3}{S_2}, \quad (3)$$

$$e = \frac{1}{2}\arcsin\left[\frac{S_4}{\sqrt{S_2^2 + S_3^2 + S_4^2}}\right], \quad (4)$$

где a – азимут поляризованного излучения; e – эллиптичность.

Для определенности расчета на входе образца формируется линейно поляризованное излучение с азимутом поляризации в плоскости падения излучения: S_{int}=[1 1 0 0].

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2, 3.

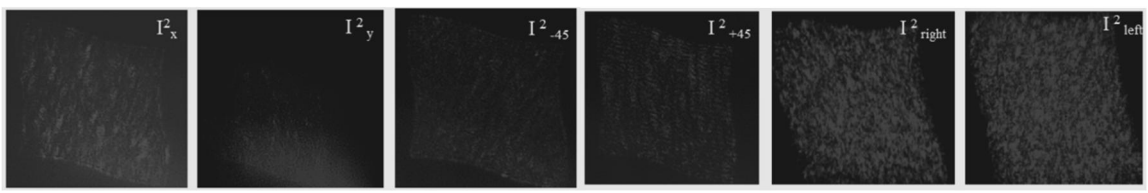


Рис. 2. Распределение интенсивностей на приемнике оптического излучения

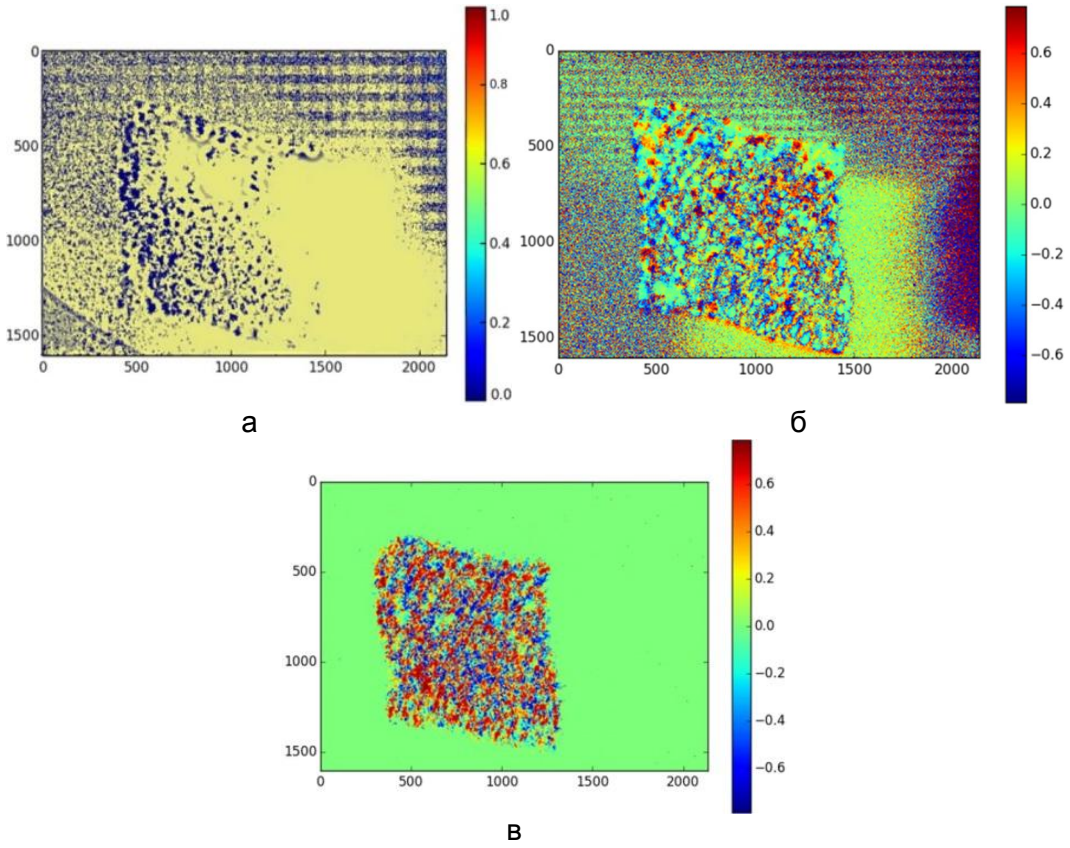


Рис. 3. Распределение: степени поляризации (а); азимута поляризации (б); угла эллиптичности поляризации (в)

При проведении эксперимента в качестве исследуемого объекта использовалась тыльная сторона ладони. Для уменьшения влияния тремора руки и случайных движений набирались статистические данные. Представленные распределения интенсивностей содержат усредненные значения, полученные в ходе эксперимента.

Известно, что меланин (как один из основных элементов новообразования) отличается повышенным поглощением. Но поскольку в зависимости от глубины проникновения излучения в среду поглощение может преобладать над рассеянием (даже при нормальном содержании меланина), то для достоверной информации об аномальной концентрации меланина, необходимо далее развивать исследование его поляризационных свойств.

В данной работе был разработан и реализован стенд для диагностики кожных образований методом эллипсометрии рассеянного излучения, разработан алгоритм и программа обработки результатов экспериментальных исследований для получения поляризационных параметров кожного покрова, разработано универсальное крепление с учетом вертикального расположения видеоинформационного блока анализатора.

На данном этапе проведения экспериментальных исследований было получено распределение поляризации по сечению пучка излучения при обратном рассеянии здоровой кожей. Степень поляризации не превышает значений P=(0,5–0,6) и характеризует сильно деполяризующий объект.

Таким образом, необходимо дальнейшее исследование кожного покрова для выявления количественных отличий параметров поляризации излучения, рассеянного пигментированной и непигментированной кожей. При выявлении указанных отличий необходима оценка чувствительности метода для принятия решения о существенности аномальных изменений на фоне здоровой кожи [2, 3].

Литература

1. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. – М.: Физматлит, 2007. – Т. 1. – 560 с.
2. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
3. Павлов С.В., Кожемяко В.П., Колесник П.Ф. Физические основы биомедицинской оптики: монография. – Винница: ВНТУ, 2010. – 152 с.



Вагнер Вероника Игоревна
Год рождения: 1993
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: veronika@vagner.pro

УДК 004.946

МЕТОДЫ ПЕРЕНАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Вагнер В.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Тропченко А.А.

Виртуальная реальность – это направление развития информационных технологий, набирающее все большую популярность. Виртуальная реальность представляет собой смоделированные сцены, пространство, в которое пользователь может погружаться с помощью специальных устройств. Виртуальная реальность похожа на компьютерную игру, но в игре вы видите своего персонажа на мониторе, в то время как в приложении виртуальной реальности вы сами являетесь персонажем: видите его глазами, двигаете его телом. Область применения приложений виртуальной реальности давно не ограничивается игровой индустрией. Сегодня такие приложения зачастую применяются в военной и образовательной сферах, а также в медицине. Это могут быть тренажеры для пилотов, виртуальные уроки или музеи для учеников, тренажеры для проведения операций. Разработчики приложений виртуальной реальности сталкиваются со многими проблемами. Это и недостаточный уровень погружения, и сложности, связанные с физическим состоянием человека после погружения. Также к проблемам можно отнести ограниченную область действия устройств: из-за длины кабеля (если речь идет о проводных шлемах) или из-за лимитированного диапазона распространения сигнала (если речь идет о беспроводных устройствах). Однако наиболее важной проблемой является то, что погружение в виртуальную среду обычно проводится в закрытых помещениях, которые, по определению, имеют ограниченные физические размеры. Из-за этих ограничений радиус виртуального пространства зачастую намного больше, чем свободное пространство вокруг человека в реальном мире. Поэтому при исследовании виртуальной среды пользователь вынужден останавливаться из-за наличия стен и других предметов в реальном мире, хотя соответствующее пространство в виртуальном мире в этот момент пусто.

Существуют различные устройства, которые позволяют пользователю перемещаться на относительно небольшое расстояние в физической среде, в то время как в виртуальном пространстве он будет преодолевать большие расстояния. Наиболее

известное устройство – специальная беговая дорожка, с помощью которой можно двигаться в любом направлении. Однако это и другие аппаратные решения очень дорогостоящие и имеют сложности в обслуживании и эксплуатации. Исследователи пытались найти экономически эффективное решение проблемы передвижения в виртуальной среде в условиях ограниченного физического пространства. Значительное внимание стало уделяться программным методам решения данной проблемы. Один из наиболее популярных подходов – это перенаправление движения. Это и легло в основу данной работы, **целью** которой является разработка метода для перенаправления пользователя при движении в виртуальной среде.

Среди поставленных задач можно выделить следующие:

– исследование проблемы движения в виртуальной среде при ограниченном физическом пространстве;
– изучение подходов к решению указанной проблемы;
– реализация улучшенного метода решения указанной проблемы.

Среди средств для решения данной проблемы существуют подходы на основе сжатия виртуального пространства. Такие методы называют «магическими», потому что они невозможны в реальном мире и потому могут применяться только в приложениях игрового типа. Эти методы направлены на ускорение передвижения в крупномасштабных виртуальных средах. Например, это могут быть порталы. Портал появляется в приложении как дверь, войдя в которую, пользователь оказывается в другой сцене/окружении. Также в качестве «магического» метода часто используется полет для быстрого перемещения из одного места в другое в виртуальном пространстве, в то время как пользователь в реальном мире остается неподвижен. Еще одним известным подходом является манипуляция движением пользователя на основе дефектов восприятия [1]. Существует такое понятие как перцептивная слепота – это явление, которое свойственно человеческому мозгу. Он не замечает некоторых окружающих изменений, когда сосредоточен на какой-то конкретной задаче/объекте [2]. Такая техника была применена в приложении виртуальной реальности, где было несколько виртуальных комнат. Изменяя положение дверей, можно было систематически изменять направление движения пользователя в нескольких сценах, незаметно для него. Т.е. была использована слепота к изменениям для создания иллюзии самодвижения [3]. Помимо этого, существует подход, при котором используются виртуальные пространства с перекрывающейся геометрией. Например, имеется две виртуальные комнаты. Пользователь переходит из одной комнаты в соседнюю. Общая стена между ними перемещается таким образом, что посещенная комната увеличивается за счет другой. Такой подход позволяет более эффективно использовать физическое пространство. Процент перекрытия зависит от размеров комнат, он имеет обратную зависимость. Недостаток таких методов в том, что они жестко связаны с концепцией приложения и геометрией виртуального пространства, т.е. имеют ограничения в применении.

В виртуальных средах требуется поддержка реальных взаимодействий, которые позволяют пользователям перемещаться естественным образом, подобно тому, как люди перемещаются в реальном мире. Однако поддерживать ходьбу зачастую не представляется возможным, поскольку размеры физического пространства, в конечном счете, будут ограничивать размер виртуального мира, в котором человек должен перемещаться посредством естественного передвижения тела. Чтобы решить эту проблему, исследователи разработали технику перенаправленной ходьбы [4], которая управляет отображением физического движения на виртуальное, чтобы отвести пользователя от границ физического пространства. Перенаправленная ходьба (а иначе – алгоритмы перенаправления движения) использует различные стратегии

манипулирования траекторией пользователя, чтобы эффективно удерживать его в пределах доступной области физического пространства.

Алгоритмы перенаправления движения делятся на два типа:

1. реактивный: реактивные алгоритмы, по сути, являются жадными алгоритмами, которые принимают решения для текущего состояния пользователя и пытаются сделать оптимальный выбор на основе определенной эвристики;
2. предиктивный. Эти алгоритмы предсказывают путь пользователя в виртуальной среде и используют перемещение по горизонтали.

Перенаправление движения достигается путем манипулирования соотношением между реальными и виртуальными путями движения с применением коэффициентов или изменениями различных типов движений. В литературе встречаются три типа движения: поступательное, вращательное, изменение кривизны.

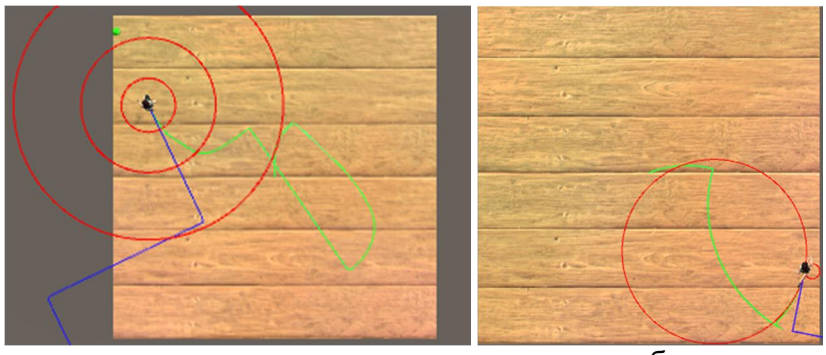
- Поступательное движение (translation gain) – это движение к виртуальной модели или от нее. Когда приращение поступательного движения изменяется, увеличивается или уменьшается отображение между физическими движениями в отслеживаемом пространстве и соответствующими перемещениями в виртуальном пространстве. Например, при увеличении трансляционного усиления создастся впечатление, что пользователь движется быстрее в виртуальном пространстве.
- Вращательное движение (rotation gain) – это вращение виртуальной модели вокруг пользователя во время поворотов головы. Ротационное приращение изменяет отображение между поворотами головы пользователя и их аналогами в виртуальном мире. Усиление вращения заставляет пользователя вращаться быстрее в виртуальном мире.
- Изменение кривизны (curvature gain). Когда человек движется по прямой, в виртуальной среде он, может быть, повернут на несколько градусов, при этом он бессознательно будет двигаться по криволинейной траектории, компенсируя этим изменение кривизны. Таким образом, пользователь может двигаться по прямой в виртуальном пространстве, в то время как в реальном мире он будет двигаться по кругу. Увеличение кривизны помогает максимально использовать небольшое физическое пространство.

Основная **цель работы** – предложить свой алгоритм для перенаправления пользователя при погружении в виртуальную среду. В процессе работы были разработаны два алгоритма: Bumper Redirector и Tangent Redirector.

Метод Bumper Redirector заключается в том, что пользователь окружен так называемыми бамперами – окружностями разного диаметра, которые помогут ему избежать столкновения с границами физического пространства. В каждый момент времени рассчитывается угол, на которой нужно перенаправить человека. На вход алгоритму подается текущее физическое местоположение, направление и перемещение в градусах. Фигура, образованная точками пересечения «бампера» со стенами комнаты и лежащая внутри заданной области, является доступным сектором для движения, куда алгоритм и будет стремиться перенаправить пользователя.

Метод Tangent Redirector основан на том, что по бокам от человека в любой момент времени можно вписать окружности. Суть заключается в том, чтобы перенаправлять движение пользователя по дуге большей из окружностей. Окружности строятся как касательные к вектору направления движения человека и имеют такой радиус, при котором окружность касается границы, т.е. стены. Коэффициент приращения обратно пропорционален радиусу окружности.

Для тестирования и визуализации работы алгоритмов использовалась среда для моделирования Unity. Эксперименты имитировали движение пользователя, приближающегося к цели (точке в пространстве).



а б

Рисунок. Пример работы алгоритмов Bumper Redirector (а) и Tangent Redirector (б) при ступенчатообразной траектории реального пути

В данной работе была исследована проблема ограниченного физического пространства при погружении пользователя в виртуальную среду. Были разработаны и реализованы два алгоритма: Bumper Redirector и Tangent Redirector (рисунок). Они были протестированы в смоделированной сцене и показали результаты лучше, чем два наиболее известных на сегодняшний день алгоритма.

Литература

1. Suma E.A., Clark S., Krum D., Finkelstein S., Bolas M., Warte Z. Leveraging change blindness for redirection in virtual environments // IEEE Virtual Reality. – 2011. – P. 50–53.
2. Simons D.J., Rensink R. Change blindness: past, present, and future // Trends Cogn. Sci. – 2005. – V. 9. – № 1. – P. 16–20.
3. Bruder G., Steinicke F., Wieland P. Self-motion illusions in immersive virtual reality environments // IEEE Virtual Reality. – 2011. – P. 39–46.
4. Razzaque S. Redirected walking. Ph.D. thesis; The University of North Carolina at Chapel Hill, 2005.



Волокитина Анна Андреевна
Год рождения: 1988
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа № V4236
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: anna.itmo@gmail.com

УДК 538.9, 535.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ ZnO В СТЕКЛАХ МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Волокитина А.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., н.с. Богданов К.В.

В последние годы большой интерес представляет разработка и исследование наноматериалов на основе оксида цинка (ZnO) благодаря тому, что ZnO имеет достаточно открытую кристаллическую структуру, позволяющую относительно легко вводить внешние легирующие примеси [1]. Одним из перспективных направлений в создании таких материалов является синтез нанокристаллов ZnO в стеклянных

матрицах, или создание стеклокерамик на основе ZnO. Стеклокерамики могут быть получены путем вторичной термической обработки исходных стекол определенных составов. Изменяя состав стекол и варьируя режим термической обработки, можно получить стеклокерамику необходимого фазового состава и структуры и, соответственно, добиться оптимальных оптических свойств полученного материала. Недавно прозрачные стеклокерамики, содержащие нанокристаллы ZnO и одновременно допированные ионами редких земель (RE^{3+}), были предложены в качестве перспективных светоизлучающих материалов видимой и ИК-области спектра. Было показано, что одновременное присутствие в стеклокерамике ионов RE^{3+} и нанокристаллов ZnO позволяет получить эффективный перенос энергии между энергетическими состояниями дефектов в структуре ZnO и ионами RE^{3+} [2–4]. Такой перенос энергии может позволить реализовать процессы up- и down-конверсионного преобразования излучения для применения в люминофорах. Структура и оптические свойства стеклокерамик сильно зависят от содержания ионов-активаторов. Следовательно, дальнейшие исследования влияния добавок RE^{3+}, длительности и температуры термической обработки на процессы фазового превращения в стеклокерамиках и их оптические свойства имеют большое значение для разработки новых материалов. В настоящей работе впервые методом комбинационного рассеяния света исследуются процессы формирования нанокристаллов ZnO, α- и β-виллемита в стеклокерамиках, содержащих ионы Eu^{3+}, Er^{3+} и Yb^{3+}, а также влияние структуры этих стеклокерамик на их оптические свойства.

Таким образом, **целью работы** стало установление методом комбинационного рассеяния света закономерности фазовых превращений, происходящих при термической обработке стекол и стеклокерамик на основе нанокристаллов оксида цинка (ZnO), β- и α-виллемита (Zn_2SiO_4) с ионами редких земель европия (Eu^{3+}), эрбия (Er^{3+}) и иттербия (Yb^{3+}), и их влияние на оптические свойства данных материалов в зависимости от режима вторичной термической обработки и концентрации ионов-активаторов.

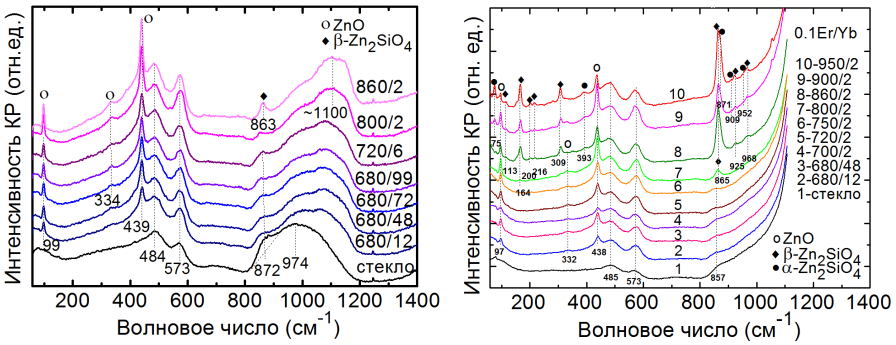
В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

– методом комбинационного рассеяния света исследована структура стекол и стеклокерамик в зависимости от режима термической обработки и концентрации ионов-активаторов;
– вычислены размеры формирующихся нанокристаллов по низкочастотным спектрам комбинационного рассеяния света;
– определена взаимосвязь структуры и оптических свойств стекол и стеклокерамик на основе исследования спектров люминесценции.

Для исследования были выбраны стекла состава (мол%) $14K_2O–32ZnO–14Al_2O_3–40SiO_2$, в которые были дополнительно введены оксиды европия (Eu_2O_3), эрбия и иттербия (Er_2O_3+Yb_2O_3). Концентрация добавок варьировалась от 0,1 до 3 мол%. Стеклокерамики были получены путем вторичной термической обработки исходных стекол при температурах 680–950°C в течение 2–99 ч. Структурные изменения в стеклах, происходящие после их термической обработки, преимущественно исследовались с использованием методов спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР), и просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ). Спектры КР возбуждались излучением Ar^+ лазера на длинах волн 488 и 514 нм и были записаны на спектрометре микро-КР InVia Renishaw (Великобритания), работающем в геометрии обратного рассеяния света.

Исходные стекла аморфны. Из рис. 1 видно, что в их спектрах КР содержатся только широкие полосы. Термическая обработка стекол приводит к формированию в них наноразмерных кристаллов ZnO, имеющих структуру вюрцита. В спектрах КР этих образцов наблюдаются полосы 99 $см^{-1}$ и 439 $см^{-1}$ (E_2^{low} и E_2^{high}, соответственно), относящиеся к нанокристаллам ZnO. При увеличении температуры или длительности

термической обработки образцов в их спектрах наблюдается усиление интенсивности соответствующих полос, что говорит о росте объемной доли кристаллической фазы.



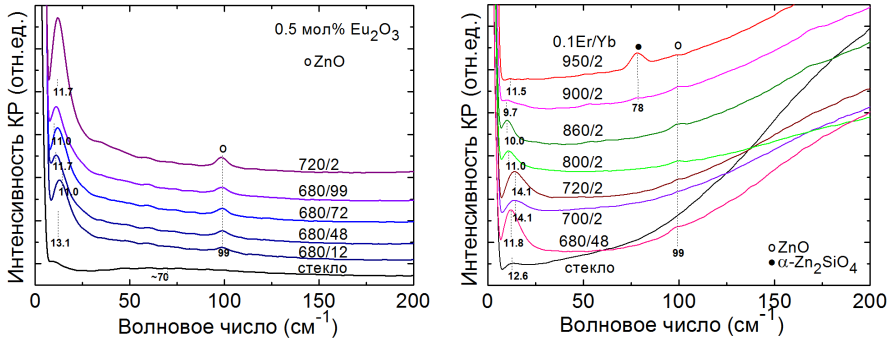
а б

Рис. 1. Спектры КР исходных стекол и стеклокерамик, содержащих добавку оксидов: 0,5 мол% Eu_2O_3 (а) и 0,1 мол% Er_2O_3+0,1 мол% Yb_2O_3, $\lambda_{возб}$=488 нм (б). Цифры соответствуют режиму термической обработки, °С/ч

При высокотемпературной обработке (T>860°С) в стеклокерамиках дополнительно формируются нанокристаллы β- и α-виллемита, при этом образцы теряют свою прозрачность.

Исследование фазовых превращений в стеклокерамиках в зависимости от концентрации ионов-активаторов показало, что с увеличением концентрации ионов RE^{3+} в стекле нанокристаллы из последовательности ZnO→β-Zn_2SiO_4→α-Zn_2SiO_4 формируются при более низких температурах термической обработки.

Благодаря анализу спектров КР в области, близкой к возбуждающей линии, (рис. 2) была получена информация о размерах нанокристаллов, формирующихся в стеклокерамиках.



а б

Рис. 2. Низкочастотные спектры КР исходного стекла и стеклокерамик, содержащих: 0,5 мол% Eu_2O_3 (а) и 0,1 мол% Er_2O_3+0,1 мол% Yb_2O_3 (б). Над спектрами указаны режимы термической обработки (°С/ч), $\lambda_{возб}$=514 нм

Известно, что низкочастотная полоса в спектре КР связана с акустическим резонансом в нанокристаллах, а положение максимума этой полосы ($\nu^S_{0,2}$) определяется их размером. Согласно [5] коэффициент, определяемый отношением поперечной (υ_t) и продольной (υ_l) скоростей звука, необходимый для расчета диаметра неоднородностей ($2R$), незначительно изменяется для большинства кристаллов. Таким образом, для определения размеров нанокристаллов можно воспользоваться приближенным выражением:

$$2R = \frac{0{,}8\upsilon_l}{c\nu^S_{0,2}}.$$

Было установлено, что на размер формирующихся нанокристаллов ZnO, β- и α-виллемита оказывает влияние как температура термической обработки, так и ее продолжительность. С увеличением длительности термической обработки в стеклокерамиках продолжается рост нанокристаллов ZnO, а при более высоких температурах термической обработки происходит формирование кристаллов значительно больших размеров. Размеры нанокристаллов ZnO составили 9,7–27,9 нм. Они были определены как по спектрам КР, так и по ТЕМ-изображениям. Полученные значения хорошо согласуются с размерами, рассчитанными по данным РФА.

Анализ люминесценции исходных стекол и стеклокерамик позволяет понять влияние ионов RE^{3+} на фазовые превращения в стекле, происходящие при его термической обработке. Спектры люминесценции типичны для алюмосиликатных стекол, содержащих ионы RE^{3+}. В них содержатся полосы, связанные с электронными переходами ионов Eu^{3+} и Er^{3+}. В спектрах стеклокерамик, содержащих добавку ионов Er^{3+}, наблюдаются интенсивные полосы зеленой люминесценции, а стеклокерамики с ионами Eu^{3+} характеризуются красной люминесценцией. Увеличение концентрации ионов-активаторов приводит к усилению интенсивности люминесценции, однако, при больших добавках ионов RE^{3+} происходит концентрационное тушение люминесценции. Было отмечено, что в спектрах стеклокерамик, полученных при различных режимах термической обработки исходных стекол, форма полос люминесценции так же, как и форма полос поглощения, остается неизменной. Это свидетельствует о близости локального окружения ионов в исходном и остаточном стекле, следовательно, ионы RE^{3+} остаются в остаточной стеклообразной фазе и не встраиваются в структуру формирующихся нанокристаллов. Увеличение объемной доли нанокристаллов ZnO в стеклокерамиках, происходящее при их термической обработке, приводит к уменьшению интенсивности люминесценции, что может быть вызвано переносом энергии $ZnO \leftrightarrow RE^{3+}$.

Заключение. В настоящей работе методом спектроскопии комбинационного рассеяния света были исследованы фазовые превращения в стеклах и стеклокерамиках на основе нанокристаллов ZnO, β- и α-виллемита, происходящие при их термической обработке. Было определено влияние различных концентраций ионов редкоземельных элементов (Eu^{3+}, Er^{3+} и Yb^{3+}) на процессы кристаллизации. Была установлена взаимосвязь структуры и оптических свойств стекол и стеклокерамик.

Установлено, что термическая обработка стеклокерамик приводит к формированию и росту нанокристаллов ZnO во всех исследованных образцах. Так, с повышением температуры термической обработки в стеклокерамике, содержащей 0,1 мол% Er_2O_3/Yb_2O_3 наблюдается рост среднего диаметра нанокристаллов ZnO от 11 до 17 нм, а для стеклокерамики, содержащей 0,5 мол% Eu_2O_3 – от 12 до 18 нм. Также было показано, что изменение концентрации ионов-активаторов влияет на фазовые превращения в стеклокерамиках, и увеличение концентрации RE^{3+}, в свою очередь, приводит к росту размера формирующихся нанокристаллов ZnO.

Для стеклокерамик, содержащих ионы Er^{3+} и Yb^{3+}, было проведено исследование фазового разделения при высокотемпературной термической обработке стеклокерамик (свыше 860°C). Было показано, что такой режим термической обработки стекол приводит к формированию кристаллических фаз α- и β-виллемита.

Концентрация ионов-активаторов в стеклокерамике влияет на формирование и рост кристаллических фаз $ZnO \rightarrow \beta\text{-}Zn_2SiO_4 \rightarrow \alpha\text{-}Zn_2SiO_4$. Было установлено, что с увеличением концентрации ионов RE^{3+} зарождение и формирование нанокристаллов в указанной последовательности происходит при более низких температурах термической обработки.

Исследование зависимости оптических свойств от режима термической обработки и концентрации ионов-активаторов показало, что ионы RE^{3+} не

встраиваются в структуру нанокристаллов ZnO, α-Zn_2SiO_4 и β-Zn_2SiO_4. Увеличение объемной доли нанокристаллов в стеклокерамике, происходящее с повышением температуры термической обработки, приводит к уменьшению интенсивности люминесценции ионов RE^{3+}, которое можно объяснить тушением люминесценции в остаточной стеклообразной фазе и происходящим переносом энергии ZnO↔RE^{3+}.

Дальнейшие исследования будут направлены на исследование эффективности переноса энергии ZnO↔RE^{3+}.

Постановка задачи, разработка и синтез исходных стекол, а также режимов их термообработки, получение стеклокристаллических материалов, исследование их структуры методами рентгенофазового анализа и спектроскопии оптического поглощения осуществлены в лаборатории стеклокристаллических материалов АО НИТИОМ «ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова» А.А. Жилиным, О.С. Дымшиц, Д.В. Шемчук, М.Я. Центер, И.П. Алексеевой. Автор выражает признательность П.А. Лойко за помощь в интерпретации результатов.

Литература

1. Vaseem M. et al. ZnO nanoparticles: growth, properties, and applications // Metal oxide nanostructures and their applications. – 2010. – V. 5. – P. 1–36.
2. Luo Q. et al. Near-infrared emission of Yb^{3+} through energy transfer from ZnO to Yb^{3+} in glass ceramic containing ZnO nanocrystals // Optics letters. – 2011. – V. 36. – № 15. – P. 2767–2769.
3. Arzumanyan G.M. et al.. Photoluminescence of transparent glass-ceramics based on ZnO nanocrystals and co-doped with Eu^{3+}, Yb^{3+} ions // Optical Materials. – 2016. – V. 62. – P. 666–672.
4. Yu Y. et al. Enhanced emissions of Eu^{3+} by energy transfer from ZnO quantum dots embedded in SiO_2 glass // Nanotechnology. – 2008. – V. 19. – № 5. – P. 055711.
5. Andrianasolo B. et al. Ultrafine grained glass-ceramics obtained with Cr_2O_3 additions // Journal of non-crystalline solids. – 1990. – V. 126. – № 1-2. – P. 103–110.



Воронина Александра Андреевна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра технологий интроскопии, группа № В4258
Направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология
e-mail: voronina.bstu@yandex.ru

УДК 536.5.081.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЛАМП ИЗ СОСТАВА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭТАЛОНА КОПИИ. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАЛИБРОВКИ

Воронина А.А.
Научный руководитель – к.т.н. Фуксов В.М.

В связи с широким развитием науки и техники во всем мире, помимо требований к новизне изобретений, увеличиваются требования к точности существующих разработок. Данные требования к точности затрагивают и область термометрии. Бесконтактная термометрия, используемая для измерений повышенных

температур в диапазоне свыше 961,78°С представляет собой сложный комплекс аппаратуры, на точность которого влияют многие составляющие, в том числе и температурные лампы.

Температурные лампы, входящие в состав государственного эталона копии температуры, являются важным объектом для подробного изучения и совершенствования. Одной из проблем использования температурных ламп является ограниченность их ресурса и срока службы.

Целью работы являлось найти способы сокращения трудоемкости процесса измерений, уменьшении расхода ресурса работы температурных ламп с целью продления их ресурса, без потери в точности измерений. Для достижения цели была оптимизирована процедура калибровки температурных ламп.

Для оптимизации калибровки экспериментально было определено время выхода на режим температурных ламп при переходах между калибруемыми точками, а также разработан программный модуль управления источником питания температурной лампы.

Программный модуль внедрен в рабочий процесс поверки и калибровки температурных ламп во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

Исследование тепловых режимов температурных ламп проводились на базе государственного первичного эталона единицы температуры.

Государственный первичный эталон (ГПЭ) единицы температуры обеспечивает единство измерений температуры в России.

Эталон является частью мировой системы обеспечения единства измерений и периодически подтверждает степень эквивалентности его характеристик эталонам единицы температуры других стран. ГПЭ единицы температуры обеспечивает как реализацию температурной шкалы МТШ-90, ее передачу соподчиненным по ГОСТ 8.553-2009 эталонным средствам измерений с наивысшей точностью и близостью к термодинамической температуре, так реализацию и единство измерений температуры неконтактными методами – радиационными термометрами [1].

ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0°С до 3000°С хранится в ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и состоит из двух комплексов аппаратуры.

Для проведения измерений был использован второй комплекс, который предназначен для воспроизведения, хранения и передачи размера единицы температуры в диапазоне от 961,78 до 3000°С.

Основными его элементами являются [1]:

– компаратор яркости;
– ампулы для реализации реперных точек чистых металлов: серебра (T=961,78°С), золота (T=1064,18°С) и меди (T=1084,62°С);
– два высокотемпературных излучателя (АЧТ);
– комплект из трех температурных ламп типа СИ 10-300.

С использованием температурных ламп были проведены измерения по заданным точкам тока (шаг 1,5 А): 22 А; 20,5 А; 19 А; 17,5 А; 16 А; 14,5 А; 13 А. Измерения проводились как в порядке убывания тока, так и в порядке возрастания. Измерения по убыванию и возрастанию тока проводились с целью определения и сравнения времени выхода лампы на режим при повышении и понижении температуры.

Также были произведены измерения по точкам температуры по фотодиоду:

– 2000, 1900, 1800, 1700, 1600, 1500, 1400, 1300, 1200°С (шаг 100°С);
– 2000, 1800, 1600, 1400, 1200°С (шаг 200°С).

Измерения проводились с целью определения возможности увеличения шага изменения температуры при калибровке.

По результатам измерений были построены графики зависимости температуры от времени в момент перехода лампы от одного значения тока к другому. Для

дальнейшего анализа на графики были добавлены линия тренда, представляющая из себя логарифмическую функцию, асимптота функции и вспомогательные линии для определения времени, через которое разница температуры относительно асимптоты достигает 0,1°С. Принято, что как только достигнуто данное значение, лампа вышла на режим.

По полученным значениям измерений с увеличением и уменьшением тока выявлено, что для достижения разницы 0,1°С при переключении тока в режиме возрастания, было затрачено больше времени, чем при режиме убывающего тока. Исходя из этого, принято решение не использовать результаты измерений с возрастающим током для дальнейшего анализа.

На основе полученных данных сделан вывод, о том, что для высоких температур процесс выхода лампы на режим, занимает значительно меньшее время, а именно менее 1 мин. Границей, где время начинает увеличиваться, служит значение тока 16 А. Также по полученным результатам, видно, что при увеличении шага температуры общее время измерений уменьшается, что может быть использовано для изменения методики измерения с целью увеличения срока службы лампы и уменьшения общих временных затрат на калибровку.

Для дальнейшей автоматизации процедуры калибровки был определен параметр, по которому будет определяться момент выхода лампы на режим.

По результатам измерений принято, что при токах свыше 16 А, момент выхода лампы на режим определяется по изменению температуры, но при малых токах, ниже 16 А, в сигнале температуры появляются высокие шумы, что мешает анализировать данные. Для токов ниже 16 А принято оценивать изменение сопротивления лампы. Выход лампы на режим считается зафиксированным, когда разница между текущим значением и асимптотой достигла значения менее 0,02 мОм, что соответствует примерно 0,1°С.

Для постановки условия в программе были определены точки, значения в которых будут сравниваться с текущим значением. Для графиков задан диапазон в 60 с. Условием является сравнение разницы текущего результата с результатом, полученным 60 с назад, и установленной константы.

Для параметра температуры установлена константа 0,1°С, для параметра сопротивления 0,02 мОм, эквивалентного примерно 0,1°С. Процесс автоматизации калибровки осуществлен путем оповещения оператора сигналом о выходе лампы на режим.

Был разработан программный модуль (реализованный в программном комплексе LabView), который добавлен в виде подпрограммы в основную программу, с помощью которой осуществляется управление всеми основными функциями компаратора. В их число входит управление шаговым двигателем поворотного зеркала, открытие/закрытие заслонок в экранах перед лампами переключение между каналами измерения электрических параметров ламп. Управление удаленными объектами (шаговым двигателем и электромагнитами заслонок) осуществляется посредством интегральных схем, подключенных к ПК через LPT-порт [2].

Ток задается оператором вручную, после чего по условию происходит оценка значений температуры или сопротивления. На график выводятся как исходные значения, так и усредненные значения. После того как получены 60 сигналов начинается сравнение разницы текущего значения и значения 60 сигналов назад с заданной константой 0,1 для температуры или 0,02 для сопротивления. В случае если текущее значение удовлетворяет условию загорается индикатор. При 28 последовательно загорающихся сигналах загорается основной индикатор Режим, который сообщает оператору о том, что лампа стабилизована.

С помощью разработанного модуля проведены повторные измерения и доказано, что модуль исправен и показывает стабильные результаты. Автоматическое определение времени выхода лампы на режим происходит в разы быстрее в отличии от работы оператора (таблица).

Таблица. Результаты измерений

№	Ток, А	Время с автоматизированной калибровкой	Время при работе оператора
1	22	–	–
2	20,5	2 мин	9 мин
3	19	3 мин	16 мин
4	17,5	6 мин	18 мин
5	16	11 мин	25 мин
6	14,5	14 мин	23 мин
7	13	21 мин	24 мин

Литература

1. ГОСТ 8.558-2009. Государственная система обеспечения единства измерений Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. – Введен 01.07.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 13 с.
2. Фуксов В.М. Исследование Государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне выше 961,78°С с целью улучшения его метрологических характеристик: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2011. – 150 с.



Галюк Василий Евгеньевич
Год рождения: 1993
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем, группа № М4220
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: zzzm0naxzzz@gmail.com

УДК 004.93'11

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕКЛИППИРОВАНИЯ

Галюк В.Е.
Научный руководитель – к.т.н. Столбов М.Б.

В системах, предназначенных для восприятия человеческой речи, одним из наиболее важных факторов является ее разборчивость. Разборчивость речи – это относительное количество правильно принятых элементов речи, выраженное в процентах от общего числа переданных элементов. В качестве элементов речи могут выступать слоги, звуки, слова или фразы целиком. Разборчивость речи определяет точность, с которой принимается информация, передаваемая источником речи.

Большое количество различных внешних причин влияет на уровень разборчивости: качество речевого сигнала, громкость речи, соотношение постороннего шума и уровня громкости речи. Для оценки уровня разборчивости речи используют отношение сигнал-шум (signal-to-noise-ratio) или коэффициент искажения сигнала (signal to distortion ratio). Это соотношение определяет разницу в децибелах между сигналом и помехой.

Сигналом с хорошим уровнем разборчивости принято считать сигнал, у которого отношение сигнал-шум находится в пределах 10–15 дБ.

В зависимости от различных характеристик, таких как: общий вид спектра, временные и частотные характеристики и т.д. уровень разборчивости также изменяется.

Клиппирование – в цифровой обработке сигналов представляет собой ограничение амплитуд на участках сигнала превышающих некоторый порог [1]. Как правило, клиппирование приводит к ухудшению звучания и увеличению ошибки распознавания речи.

Клиппирование происходит, когда значения сигнала выходят за границы определенного интервала. Так, например, если система 16-ти битная, то значение 32767 является максимально возможным (–32767 минимально возможным соответственно), и если в ходе обработки сигнала, в результате тех или иных причин (некорректная настройка усилителя, отсутствия нормирования, специфика среды разработки) амплитуда сигнала должна превысить это значение, то вместо этого значения амплитуды ограничиваются максимально возможным значением =32767. В результате этого возникают звуковые искажения, проявляющиеся в характерном треске и щелчках.

В цифровой обработке сигналов клиппирование ввиду дискретной структуры звукового сигнала выражается в присутствии в сигнале последовательных участков, на которых значения сигнала достигают максимально возможных значений амплитуды. Если несколько отсчетов почти не влияют на восприятие записи, то при уровне клиппирования в 20–30% от максимального значения сигнала, разборчивость сигнала сильно затрудняется.

Различают «жесткое» и «мягкое» клиппирование. «Мягким» клиппирование называют в том случае если верхняя часть сигнала нелинейно ослаблена, при этом форма сигнала в общем продолжает иметь волнообразный вид при этом данные не теряются и сигнал может быть восстановлен с высокой точностью. «Жестким» называется клиппирование, когда часть сигнала, превосходящая максимально доступное значение, просто усекается, это сопровождается потерей информации и восстановить подобный сигнал с приемлемой точностью является нетривиальной задачей. В данной работе в дальнейшем будут рассматриваться только «жестко» клиппированные сигналы.

Клиппирование сигнала происходит, как правило, в одном из трех случаев:

1. превышен динамический диапазон принимающего устройства;
2. в случае некорректной записи в аудиофайл после обработки сигнала;
3. во многих музыкальных записях намерено используют эффекты клиппирования чтобы получить необходимое звучание.

Клиппирование оказывает сильное влияние на задачи связанные с автоматической обработкой речевого сигнала:

1. во многих задачах по распознаванию дикторов участки с клиппированием принимаются за непригодные, что приводит к сокращению исходного количества данных и как следствие ухудшает качество распознавания [2];
2. в случае автоматического распознавания речи, искажения связанные с отсечением участков амплитуд также приводит к росту процента ошибок распознавания [3].

Данная тема является актуальной, поскольку деклиппирование речевых сигналов является одним из методов цифровой обработки сигналов и необходима для успешного приема сигнала в области телекоммуникаций и автоматического и экспертного распознавания речи [4].

Цель работы: разработать алгоритм, устраняющий эффекты клиппирования и в результате повышающий качество и разборчивость речевого сигнала.

В рамках работы были поставлены следующие задачи:

– проанализировать существующие решения по деклиппированию цифровых аудио сигналов;
– разработать алгоритмы восстановления клиппированного речевого сигнала;
– произвести оценку разработанных алгоритмов.

Разработка алгоритма деклиппирования. Алгоритм деклиппирования можно разделить на две подзадачи:

1. детектирование;
2. восстановление.

В качестве методов восстановления рассмотрены:

– алгоритм спектрального подавления;
– алгоритм аппроксимации со словарем [5];
– алгоритм на основе метода наименьших квадратов [6];
– алгоритм восстановления на основе фильтра линейного предсказания [7].

Предложенные алгоритмы были реализованы и проведена сравнительная оценка эффективности. Для эксперимента были подготовлены три набора данных:

1. гармонические сигналы;
2. музыкальные сигналы;
3. речевые сигналы.

Данные были подвержены искусственному клиппированию. В результате проведенной серии экспериментов на различных аудио данных были получены следующие результаты для предлагаемых алгоритмов (таблица).

Таблица. Выигрыш по SDR для различных сигналов

Изменение по SDR	Фильтр линейного предсказания	Метод наименьших квадратов	Спектральное подавление	Аппроксимация со словарем
Модельный сигнал	49,79 дБ	29,869 дБ	9,289 дБ	19,821 дБ
Музыкальный сигнал	–3,0834 дБ	4,6376 дБ	2,289 дБ	13,0853 дБ
Речевой сигнал	–13,0834 дБ	2,6676 дБ	1,389 дБ	17,0853 дБ

Заключение. В результате работы удалось решить все поставленные задачи.

Было проведено исследование существующих решений, были выделены сильные и слабые стороны различных подходов к задаче восстановления клиппированного сигнала. На основании этих данных были выделены основные пункты, на которые должен опираться алгоритм.

В результате был предложен алгоритм детектирования и четыре алгоритма восстановления клиппированного сигнала. Алгоритмы были реализованы в среде MATLAB, поскольку данная среда разработки хорошо подходит для быстрой обработки аудиофайлов и хорошо справляется с операциями с векторами, которые играют в предложенных алгоритмах ключевую роль.

На последнем этапе была проведена серия экспериментов, по оценки качества восстановленных сигналов. Была подобрана метрика, которая наилучшим образом подходит под данную задачу. Были получены результаты на различных данных и сделаны выводы относительно качества восстановления сигналов для различных подходов и аудиозаписей.

В результате проведенного исследования, были получены результаты для качества восстановления речевого сигнала различными алгоритмами. По результатам экспериментов, наиболее устойчивый результат показал алгоритм на основе аппроксимации со словарем, также приемлемые результаты показал алгоритм на основе метода наименьших квадратов, следует отметить, что время работы этих алгоритмов достаточно велико и в этом они уступают коммерческим решениям. В результате восстановления клиппированного сигнала удалось добиться существенного повышения SDR, а также разборчивости речевого сигнала. Считаю возможным применение данного подхода для шумоочистки, и восстановления клиппированных сигналов.

Литература

1. Столбов М.Б., Зубов Г.Н. Программные средства шумоочистки записей речи // Речевые технологии. – 2014. – Т. 1-2. – С. 103–113.
2. Алейник С.В., Матвеев Ю.Н., Раев А.Н. Метод оценки уровня клиппирования речевого сигнала // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 3(79). – С. 79–83.
3. Harvilla M.J., Stern R.M. Least Squares Signal Declipping for Robust Speech Recognition // INTERSPEECH. – 2014. – P. 2073–2077.
4. Attias H. and Deng L. Speech Denoising and Dereverberation Using Probabilistic Models // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2011. – V. 13. – P. 758–764.
5. Kitic S., Jacques L., Madhu N., Hopwood M., Spriet A., and Vleeschouwer C.D. Consistent iterative hard thresholding for signal declipping // IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech and Signal Processing. – 2013. – P. 5939–5943.
6. Selesnick I.W. Least squares with examples in signal processing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cnx.org/content/m46131/latest/, своб.
7. Janssen A., Veldhuis R., Vries L. Adaptive interpolation of discrete - time signals that can be modeled as autoregressive processes // IEEE T ransactions on Acoustics, Speech and Signal Processing. – 1986. – V. 34. – № 2. – P. 317–330.



Горячев Кирилл Анатольевич
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, группа № Т4217
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: kiralord@yandex.ru

УДК 663.5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОСВЕТЛЕННОГО ЯЧМЕННОГО СУСЛА

Горячев К.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615871 «Биотехнология, процессы и аппараты для производства продуктов питания функционального назначения».

Один из способов повышения эффективности спиртового производства – увеличение выхода спирта за счет снижения концентрации побочных продуктов брожения (примесей). Ранее было показано [1], что повышение выхода спирта, снижение

концентрации примесей, а также ускорение брожения возможно при помощи осветления сусла. Поскольку степень осветления сусла может влиять на ход его сбраживания как положительно, так и отрицательно [2], необходимо установить влияние степени осветления на скорость сбраживания сусла и образование побочных продуктов.

Для оценки влияния степени осветления сусла на вышеуказанные показатели готовилось зерновое сусло по следующей технологии. Ячмень, измельченный так, что средний интегральный размер частиц $\langle d \rangle$ составил 118,18 мкм, смешивался в массовом соотношении 1:2,5 с водой температурой 45°С.

После одновременного внесения препаратов α-амилазы и ксиланазы замес выдерживался 30 мин при температуре 50°С, а затем – 240 мин при 70°С [3].

Сусло осветлялось центрифугированием на аппарате «Геттих-Ротанта-460» при различном числе оборотов ротора – 1500, 3000 и 4500 мин$^{-1}$ – в течение 15 мин. Мутность сусла при этом составила 13,7; 9,3; 4,3 ед. ЕВС соответственно.

Сусло разной степени осветления и контрольное неосветленное сусло (мутностью 45,4 ед.) в количестве 250 см^3 каждое сбраживалось при температуре 30°С в течение 72 ч с предварительным добавлением препарата глюкоамилазы.

Через 24, 48 и 72 ч брожения оценивалось изменение содержания α-аминного азота и сбраживаемых углеводов, количества дрожжевых клеток, доли почкующихся и мертвых клеток, массы выделившегося углекислого газа.

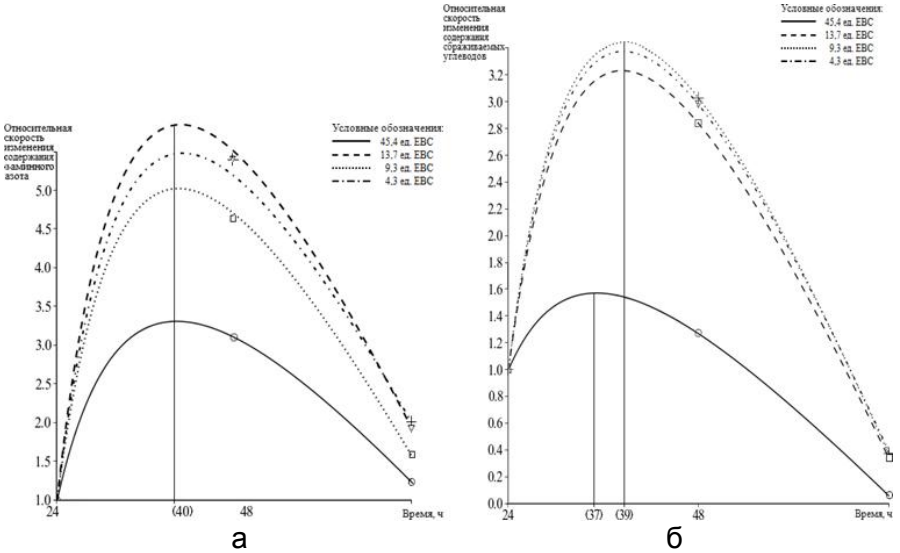
Полученные результаты обрабатывались в два этапа. Вначале находились тройки реперов для примерного установления формы функции аппроксимации зависимости изменения показателей брожения от времени. В отсутствие сведений о гладкости этой функции шаг опорной сетки по оси времени τ должен был быть равномерным, что могло привести к недостоверности аппроксимации.

Реперные точки находились как отношения изменения показателей брожения за промежуток времени Δτ к изменению этих показателей в период наиболее интенсивного брожения – первые 24 ч

$$\frac{\Delta_i y}{\Delta \tau} \frac{\Delta \tau}{\Delta_1 y} = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_1 - y_0}, \qquad (1)$$

где i={1;3} – переменная-счетчик; y – отслеживаемый показатель; τ – время брожения; Δτ – промежуток времени, равный 24 ч.

По сути (1) есть формула производной $y' = {}^{dy}/_{d\tau}$ при конечном приращении τ.



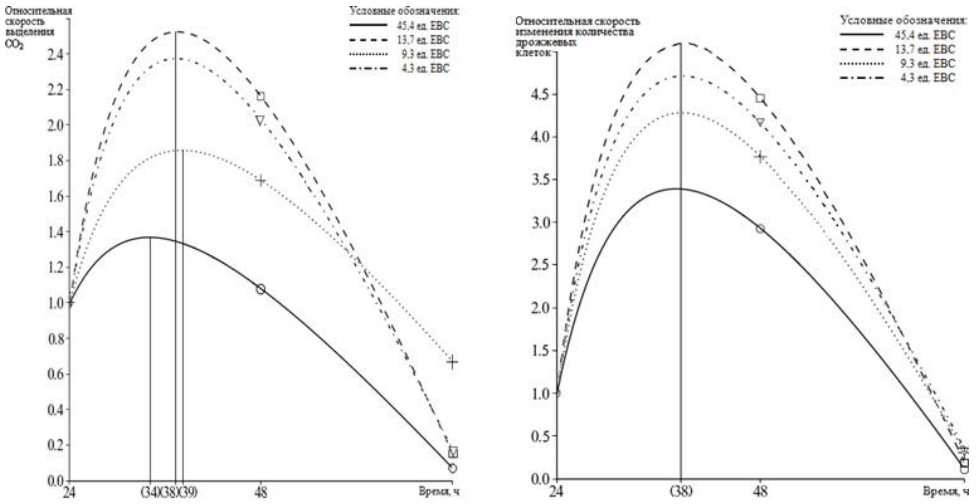
а б

Рис. 1. Графики зависимости относительной скорости потребления α-аминного азота (а) и сбраживаемых углеводов (б) от времени

На втором этапе непосредственно подбиралась функция аппроксимации. Общий вид уравнений аппроксимации

$$a + b\tau + \frac{c}{\tau^2}.$$

Таким образом, были найдены зависимости изменения основных показателей брожения во всех образцах сусла от времени. Графики представлены на рис. 1 и 2.



а б

Рис. 2. Графики зависимости относительной скорости выделения CO_2 (а) и прироста количества дрожжевых клеток (б) от времени

Анализ приведенных графических данных позволяет сделать выводы, что по мере снижения мутности образцов:

– относительная скорость потребления α-аминного азота в процессе спиртового брожения увеличивалась и достигала максимума через 40 ч;
– относительная скорость потребления сбраживаемых углеводов в процессе брожения увеличивалась и достигала максимума через 39 ч для осветленных и 37 ч – для контрольного образца. Ввиду симметричности кривых в области максимумов можно сделать вывод о лучшей динамике по данному показателю у осветленных образцов;
– относительная скорость выделения углекислоты в процессе брожения увеличивалась и достигала максимума через 34 ч для неосветленного образца с мутностью 45,4 ед. ЕВС, 38 ч – осветленных образцов с мутностью 13,7 ед. ЕВС и 4,3 ед. ЕВС, 39 ч – осветленного образца сусла с мутностью 9,3 ед. ЕВС; т.е., динамика сбраживания осветленных образцов была ближе оптимальной по показателю выделения углекислоты;
– относительная скорость прироста числа клеток в процессе спиртового брожения увеличивалась и достигала максимума через 38 ч.

По окончании сбраживания в дистиллятах зрелой бражки определялась крепость и концентрация побочных продуктов брожения. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица. Показатели качества дистиллятов зерновых бражек

Наименование показателя	Единица измерения	Мутность, ед. ЕВС			
		45,4	13,7	9,3	4,3
Крепость	% об.	6,5±0,1	10,9±0,1	10,9±0,1	11,1±0,1

Наименование показателя	Единица измерения	Мутность, ед. ЕВС			
		45,4	13,7	9,3	4,3
Сложные эфиры					
Метилацетат	мг/дм^3	15,9±2,4	17,4±2,6	21,1±3,2	21,0±3,0
Этилацетат		81,94±9,0	132,31±14,0	123,22±13,0	117,69±12,7
Всего		97,84±11,4	149,71±16,6	144,32±16,2	138,69±15,7
Альдегиды					
Ацетальдегид	мг/дм^3	19,2±1,9	41,4±4,1	85,3±8,5	77,4±7,7
Высшие спирты					
1-Пропанол	мг/дм^3	223,1±22	234±23	254±25	250±25
2-Пропанол		1664±250	924±92	1491±224	730±73
1-Бутанол		13,2±1,3	13,1±1,3	14,5±1,4	14,1±1,4
Изобутанол		688±69	361,4±36	381±38	389±39
Изоамилол		3898,1±585	2032±305	2020,4±303	2330±350
Всего		6486±927,3	3565±457,3	4160±591,4	3713±488,4
Спирт метиловый					
	% об.	$(4,0\pm0,6)\cdot10^{-3}$	$(4,6\pm0,7)\cdot10^{-3}$	$(3,2\pm0,5)\cdot10^{-3}$	$(3,6\pm0,5)\cdot10^{-3}$
Всего примесей					
	мг/дм^3	6603,04±940,2	3756,11±478,0	4389,62±616,1	3929,09±511,8

Выводы

- Степень осветления ячменного сусла влияет на относительную скорость потребления α-аминного азота, сбраживаемых углеводов, прирост дрожжевых клеток и выделения диоксида углерода в процессе брожения. Динамика сбраживания осветленного сусла и скорость прироста дрожжевых клеток в нем заметно превосходит показатели бродящего неосветленного сусла.
- Крепость зрелой бражки и выход спирта увеличиваются по мере снижения мутности исходного сусла.
- Минимальное суммарное количество примесей (3756,11 мг·дм$^{-3}$) было зафиксировано в образце с показателем мутности 13,7 ед. ЕВС.

Литература

1. Востриков С.В. Сравнительный анализ динамики накопления этилового спирта и примесей при сбраживании осветленного и традиционного сусел // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1997. – № 6. – С. 41–42.
2. Меледина Т.В. Коллоидная стойкость пива. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – С. 6–8.

3. Баракова Н.В. Разработка технологии этилового спирта при пониженных режимах водно-тепловой и ферментативной обработки высококонцентрированных замесов из ячменя: автореферат дис. … канд. техн. наук. – СПб., 2010. – 16 с.



Гурко Татьяна Петровна
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: gurko2012@gmail.com

УДК 62-971.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ И РАСПЛАВА ПОЛИМЕРА НА ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ В ЛИНЗЕ

Гурко Т.П.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Васильков С.Д.

Прецизионная оптическая деталь, такая как полимерная линза, задает высокие требования к качеству оптической поверхности и требует повышенного внимания к выбору и контролю технологических параметров [1]. Вследствие этого очень важно проводить улучшения качества деталей литьевой формы с помощью мониторинга и контроля важных параметров литья, значительно влияющих на точность и оптические свойства изделий.

Целью работы является исследование влияния температуры охлаждающей жидкости и расплава полимера на двулучепреломление в полимерной линзе. В соответствии с целью работы был определен алгоритм ее достижения.

Задачи работы:

- выполнить обзор систем измерения температуры в литьевых формах;
- определить состав экспериментальной установки для измерения температуры в литьевой форме;
- разработать план эксперимента и методику по исследованию влияния температурных параметров на свойства линзы;
- провести эксперимент с использованием разработанной системы измерения температуры, плана и методики эксперимента;
- исследовать влияние температурных параметров на свойства линзы.

Для решения поставленных задач были сформированы три этапа.

1. Рассмотрение типов датчиков и существующих встроенных датчиков в литьевых машинах. Обзор систем и датчиков компаний Kistler и PRIAMUS. Описание индивидуальной системы диагностики исследовательской группы из Германии. Изучение инструкций литьевой машины и чертежей литьевой формы.
2. Разработка системы измерения температуры в литьевой форме. Выбор компонентов экспериментальной установки, таких как, датчики температуры, измеритель сигналов. Разработка функциональной схемы взаимодействия и подключения компонентов системы. Закупка датчиков. Сборка и проверка системы.

3. Составление плана и методики эксперимента по исследованию влияния температурных параметров на свойства линзы. Проведение экспериментального исследования. Анализ результатов измерения и определение влияния температурных параметров на свойства линзы. Выбор оптимального режима литья для конкретного вида линз.

В работе рассмотрены системы измерения, контроля и мониторинга температуры в литьевых формах, которые представлены в настоящее время и которые можно использовать в литьевом производстве.

Системы от компаний Kistler [2] и PRIAMUS имеют высокую точность измерений параметров литья. Однако, такие системы габаритны, а использование оборудования и самих датчиков может стать неоправданно дорогим в рамках единичного или мелкосерийного производства в исследовательских целях.

Встроенная система диагностики представляет собой малогабаритную систему для измерения температуры в литьевой форме. Сборка такой системы более трудоемка, но больше подходит для данного исследования, чем готовые системы мониторинга и контроля. Встроенные датчики и системы измерений температуры в литьевых машинах позволяют контролировать температуру только в определенных областях материального цилиндра блока пластикации, т.е. расплава полимера до впрыска в литьевую форму. Поэтому необходимо проводить измерения температуры в заданных областях внутри литьевой формы.

Разработка системы измерения температуры в литьевой форме. На основе анализа разработана собственная система измерения температуры в литьевой форме. Определен состав экспериментальной установки. Были выбраны два датчика температуры компании ТЕСЕЙ – КТХА 02.01, так как они подходит для установки в литьевую форму, поверены и сертифицированы, а также выбран измеритель сигналов ТРМ 200 компании ОВЕН [3].

Система измерения температуры в литьевой форме состоит из трех основных блоков (рис. 1). Первый блок снятия показаний, в него входят датчики температуры, установленные в литьевую форму и на металлических переходниках шлангов с охлаждающей жидкостью. Второй блок измерений, в который входят измерители сигналов и преобразователи интерфейсов. Третий блок регистрации, в который входит компьютер с программным обеспечением для регистрации показаний датчиков.

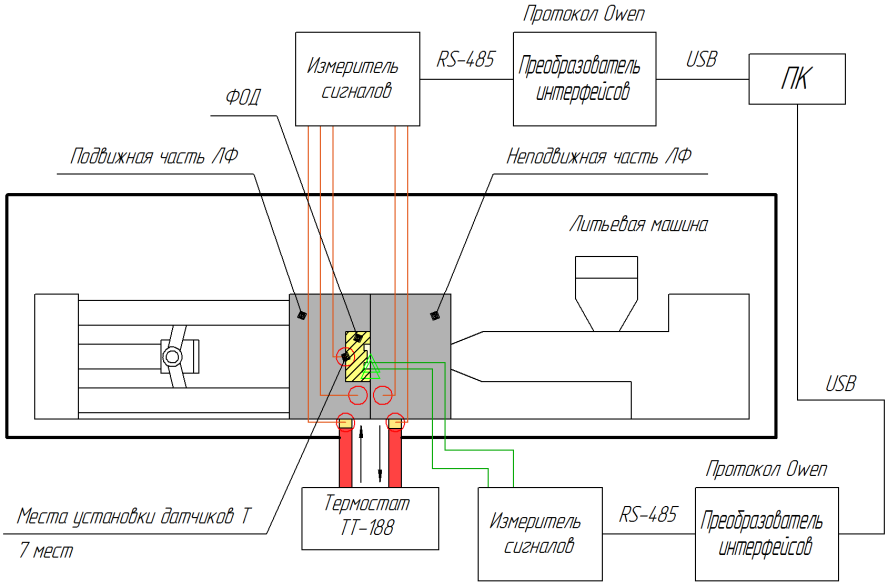


Рис. 1. Функциональная схема системы измерения температуры

Разработка плана и методики экспериментального исследования. Были определены факторы, влияющие на двулучепреломление и другие свойства линзы, кроме температуры расплава полимера и охлаждающей жидкости, а также составлен план по методу Тагути. Был выбран четырехфакторный анализ с ортогональным набором L_9 (для девяти экспериментов) на примере из научного отчета [4]. Факторы и уровни представлены в табл. 1.

Таблица 1. Факторы и уровни для четырехфакторного эксперимента

Фактор		Уровень		
		1	2	3
A	Температура расплава, °C	190	220	250
B	Температура охлаждающей жидкости, °C	40	47	53
C	Давление выдержки, бар	400	600	800
D	Время охлаждения, с	10	25	40

Цель создания программы и методики экспериментального исследования – это определить план и алгоритм проведения эксперимента.

Объект исследования – плоско-вогнутая линза. Материал для изготовления линз – Styrolux 656C. Предметом исследования является методика для поиска взаимосвязей между технологическими параметрами и свойствами объекта. В исследовании использовалось следующее оборудование: литьевая машина FM EE30-55, термостат ТТ-188, профилометр, поляризационная установка.

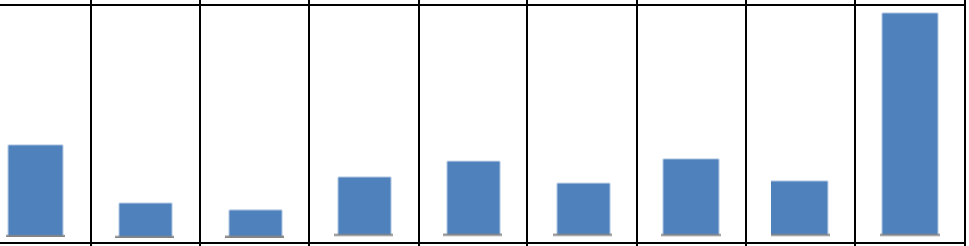
Методика экспериментального исследования составлена по образцу программы и методики из научного отчета [5] и представляет собой следующий алгоритм:
- подключение измерителя сигналов к компьютеру;
- установка датчиков в литьевую форму (литьевая машина, термостат);
- проверка работоспособности системы измерения температуры;
- запуск программного обеспечения на регистрацию данных;
- проведение опыта;
- остановка регистрации данных;
- смена режимов литья и повторение цикла: старт регистрации – проведение опыта – остановка регистрации;
- измерение свойств линз (профилометр, поляризационная установка);
- соотношение с данными системы измерения;
- анализ влияния температурных параметров литья на свойства линзы и выбор оптимального режима литья для данного типа линз и материала.

Разработанные функциональная схема, план и методика использовались для проведения экспериментального исследования.

Результаты экспериментального исследования. В результате эксперимента были получены фотографии исследуемых линз в поляризационной установке, показанные на рис. 2. Над рисунками номера отливок. У данных образцов были измерены: усадка, радиус кривизны вогнутой части линзы, вес, значения которых представлены в табл. 2.

После анализа полученных данных был выбран оптимальный режим литья: A1-B2-C3-D2 (минимальная температура расплава полимера, средняя температура охлаждающей жидкости, наибольшее давление выдержки, среднее время охлаждения).

Таблица 2. Результаты измерений усадки, радиуса и веса линз

№	1-1	2-1	3-5	4-4	5-2	6-1	7-4	8-2	9-4
Усадка, мкм	40	14,5	10	25	30	21	34	23,5	94,34
Величина усадки									
Радиус, мм	40,209	43,951	45,241	44,044	40,485	43,466	45,307	45,948	38,145
Вес, г	4,6329	4,6355	4,6368	4,6596	4,6955	4,6566	4,6586	4,5475	4,6629

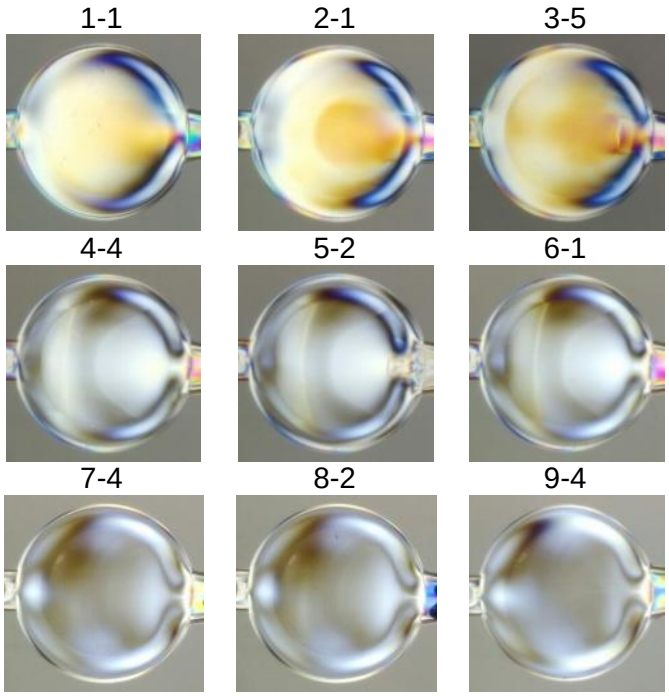


Рис. 2. Фотографии в поляризационной установке напряженно деформированного состояния в плоско-вогнутых линзах при различных технологических параметрах

Заключение. Проведен обзор существующих систем измерения, контроля и мониторинга температуры в литьевой форме, была рассмотрена встроенная система в литьевой форме. Разработана система измерения температуры в литьевой форме, были выбраны компоненты системы и разработана функциональная схема со всеми взаимосвязями и обменом информацией.

Был разработан план эксперимента по методу Тагути для сокращения количества проведенных опытов. А также разработана методика по исследованию влияния технологических параметров на свойства линзы. Разработанные система измерения температуры в литьевой формы, план и методика использовались для проведения эксперимента с исследованием влияния технологических параметров на свойства линз.

В результате сделаны некоторые выводы и рекомендации по выбору режимов литья для конкретного вида линз и материала. В дальнейшем предполагается модифицировать систему измерения температуры в литьевой форме в соответствии с функциональной схемой, добавить датчики давления и температуры для более глубокого анализа литьевых процессов.

Литература

1. Jung S.N., Dae S.B., Hyoung H.J., Jun Y.S., Tae H.H., Sang W.L. Lens injection moulding condition diagnosis and form error analysis using cavity pressure signals based on response surface methodology // Engineering Manufacture. – 2016. – № 230(7). – P. 1343–1350. – DOI: 10.1177/0954405415572664.
2. Sensors and systems: каталог. – Швейцария: Kistler Group, 2016. – 24 p.
3. Оборудование для автоматизации: каталог. – Россия: ОВЕН, 2016. – 420 с.
4. Влияние режимов литья полимеров под давлением на оптические и механические свойства микролинз: отчет о НИР (заключительный). – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 32 с. – Инв. № 116021210014.
5. Разработка базовых технологий проектирования и производства приборов нового поколения на основе полимерных композиционных материалов для реальных условий эксплуатации в авиационной, космической, морской и другой техники: отчет о НИР (промежуточный). – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 443 с. – Инв. № 012001179872.



Девликанов Радмир Кямильевич
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра мехатроники, группа № Р4227с
Направление подготовки: 15.04.06 – Мехатроника и робототехника
e-mail: spb.rad.mir@gmail.com

УДК 62-233.3/.9

РАЗРАБОТКА ЗУБЧАТО-ПОВОДКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С КОНИЧЕСКИМ ЗУБОМ

Девликанов Р.К.
Научный руководитель – к.т.н., ст. преподаватель Сачков М.Ю.

Одной из основных задач, с решением которой сталкивается мехатроника – это задача преобразования закона движения и передачи механической энергии, вырабатываемой энергетической машиной, исполнительному устройству. Механическая взаимосвязь энергетического и исполнительного узлов осуществляется за счет различных передач. По принципу работы механические передачи разделяют на фрикционные и передачи зацеплением, по виду преобразования скорости и момента – на редукторные, и мультипликаторные и т.п. Разнообразие применяемых электрических двигателей, зачастую, требуют преобразования высокого числа оборотов ротора и низкого крутящего момента к рабочим моментам и скоростям исполнительного устройства.

Среди передач зацеплением и редукторных систем на их основе, по праву самым востребованными являются зубчатые передачи. Характерная им сравнительно высокая нагрузочная способность при малых габаритах, а также значительные показатели долговечности и надежности, высокий КПД, обеспечение быстроходности – достижения инженеров современности. Особняком среди зубчатых передач стоит эвольвентное зубчатое зацепление, предложенное Леонардом Эйлером еще в 1754 г. Эвольвентное зубчатое зацепление является сопряженным. В действительности,

рабочий профиль передачи, при наличии погрешностей изготовления и монтажа и деформациях под нагрузкой, является «приближенным». В моменты пересопряжения происходит кромочный контакт, что приводит к появлению кромочного удара на входе и срединного удара после кромочного зацепления на выходе. Данный факт подтверждает актуальность разработки несопряженных (приближенных) передач с локализованным контактом. Современные тенденции в областях машино- и приборостроения требуют уделять все большее внимания вопросам технологичности, что находит отражение в себестоимости изготовления передачи [1]. Одним из видов несопряженных передач, удовлетворяющих данному критерию при изготовлении колес (сборочных единиц) и сборки механизма, является зубчато-поводковая передача (ЗПП).

Форма рабочих поверхностей ЗПП обеспечивается применением простых геометрических тел различной формы вместо зубьев. Точка контакта принадлежит поверхности поводков, представляющих собой пару цилиндров, конусов, параллелепипедов, сфер, однополостных гиперболоидов и т.д. Следствием зацепления тел, такой непривычной для зубчатых передач геометрии, является отсутствие линейности функции положения и функции передаточного отношения, а также то обстоятельство, что как совокупность точек контакта на поверхностях поводков, так и линия зацепления в системе координат, связанной с неподвижным звеном, представляют собой пространственные кривые.

Цель работы заключается в синтезе и анализе ЗПП с коническим зубом. Заявленная цель достигнута за счет решения следующих задач: определения рациональных геометрических параметров для исследуемых зубчатых колес и трехзвенного механизма на их основе; выполнения геометрического расчета передачи на параллельных осях; определения функции положения и передаточного отношения с использованием матричного метода анализа пространственного зацепления; анализа результатов математического моделирования; сравнения кинематической точности исследуемой ЗПП с кинематической точностью эвольвентного зацепления при аналогичных геометрических параметрах.

Новизна работы состоит в синтезе и анализе ЗПП с новой формой контактирующих поверхностей. Преимущество применения конического поводка определяется тем, что коническая поверхность самостоятельно обеспечивает соосность с монтажным коническим отверстием.

В ходе исследования рассмотрена передача на параллельных осях (цилиндрическая). На первоначальном этапе исследования стал вопрос о пространственной ориентации конических поводков. Угол наклона осей поводков к рабочей оси колеса принят равным 45°. Исходя из условия коллинеарности (сонаправленности или противоположной направленности) векторов ортов нормалей в точке контакта, были рассмотрены два возможных варианта расположения поводков по отношению к ступице: широким основанием к ступице – ориентация «конус», и узким основанием к ступице – ориентация «обратный конус». На рис. 1 изображены два исследуемых исполнения поводков.

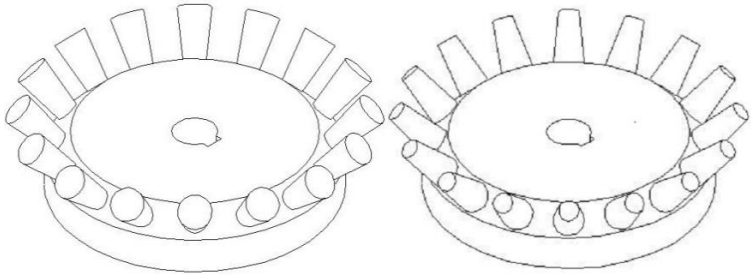


Рис. 1. Ориентация поводков

Разработаны основные параметры, определяющие геометрию зубчато-поводкового колеса, а также трехзвенного механизма, на его основе, состоящего из ведущего и ведомого колес и ступицы, относительно которой осуществлялось вращение и в дальнейшем определена функция положения. Геометрические параметры на ЗПП заданы по аналогии с параметрами, регламентированными на зубчатую эвольвентную передачу. Основные параметры приведены в таблице.

Таблица. Основные геометрические параметры

Параметр	Формула	Единица измерения
Угловой шаг	$\delta = \frac{2\pi}{z}$	[рад]
Окружной шаг	$P = 4\rho + c^* m = \pi m$	[мм]
Аналог модуля	$m = \frac{4\rho}{\pi - c^*}$	[мм]
Аналог делительного диаметра	$D = mz$	[мм]

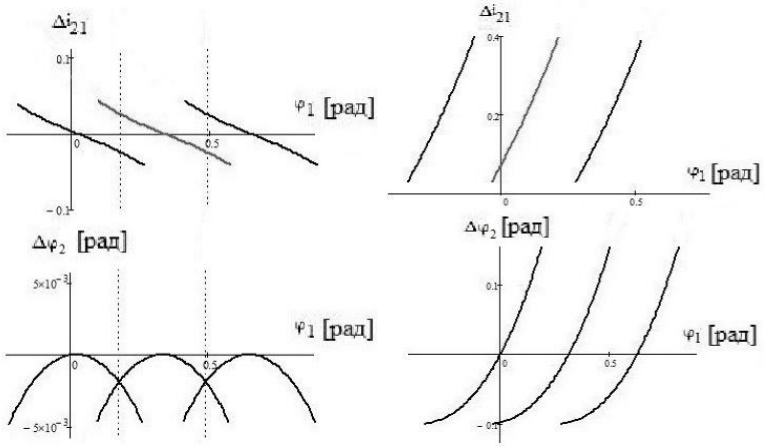
В общем случае поверхность поводка представляет собой конус второго порядка. Уравнения (1) представляют собой параметрические уравнения поверхности и орта нормали в предварительно введенной системе координат, положенной в вершине конуса:

$$r = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho \cdot \cos(\theta_1) \\ \rho \cdot \cos(\theta_1) \\ u \\ 1 \end{bmatrix}, \; e = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\cos(\theta_1)}{\sqrt{1+k^2}} \\ \frac{\sin(\theta_1)}{\sqrt{1+k^2}} \\ \frac{-k}{\sqrt{1+k^2}} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Для нахождения функции положения механизма были введены системы координат, определяющие взаимное положение поверхностей в ходе зацепления [2]. При нахождении функции положения были использованы матрицы направляющих косинусов четвертого порядка, благодаря которым можно было осуществлять как поворот систем координат, так и их перемещение вдоль осей. Сама функция положения определялась исходя из равенств радиусов-векторов и векторов ортов нормалей в точке контакта [3] – система уравнений:

$$\begin{cases} r^{(1)}(u_1, \theta_1, \varphi_1) = r^{(2)}(u_2, \theta_2, \varphi_2) \\ e^{(1)}(\theta_1, \varphi_1) = -e^{(2)}(\theta_2, \varphi_2) \end{cases}. \quad (2)$$

На основании полученной функции положения построены следующие зависимости: функция перемещения и ошибка функции перемещения, функция передаточного отношения и ошибка функции передаточного отношения, а также определены координаты точек контакта на поверхностях поводков. Исходя из кривой Бакстера (функции ошибки перемещения) и функции ошибки передаточного отношения были сделаны выводы касательно работоспособности для двух видов рассматриваемых передач. На рис. 2, а представлены данные зависимости для контакта «обратный – обратный конус» для числа зубьев шестерни равному тридцати и передаточному отношению равному единице.



а б

Рис. 2. Ошибки функции перемещения и передаточного отношения для контакта «расширяющихся» (а) и «сужающихся» (б) поводков

На графике кривой Бакстера четко видны точки пересопряжения, моменты выхода из зацепления одной пары и входа другой. Характер кривой симметричный, ведущее и ведомое колеса движутся равномерно, без резких ускорений или замедлений, вход и выход из зацепления повторяют друг друга, это говорит о том, что в передачи отсутствуют сильные удары [4]. На графике ошибки передаточного отношения мы можем наблюдать скачок передаточного отношения в момент пересопряжения. Также были получены аналогичные зависимости при различных сочетаниях чисел поводков. При увеличении числа зубьев уменьшалась и ошибка функции перемещения.

На рис. 2, б представлены аналогичные зависимости для пары контакта «конус–конус».

Для данного случая характер кривой Бакстера прерывистый. На практике пересопряжение в таком исполнении передачи будет происходить за счет сил инерции, или если контакт поверхностей будет осуществляться за счет достаточных упругих деформаций поводков. На основании того, что геометрический коэффициент перекрытия составил менее единицы, можно говорить о более низкой нагрузочной способности для данного вида передачи и об ухудшении показателя плавности работы. Обобщая, можно сказать, что данный вид зубчато-поводкового зацепления не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным передачам.

Анализ полученных расчетных данных завершается сравнением кинематической точности ЗПП с расширяющимся зубом и цилиндрической эвольвентной передачи при аналогичных значениях геометрических параметров. Ошибка функции перемещения ЗПП с расширяющимися коническими поводками составила $1{,}85 \cdot 10^{-3}$ радиан, что соответствует пятой степени точности.

Для двух рассматриваемых исполнений колес, были получены различные результаты. Передача с сужающимися поводками показала «неудовлетворительный результат» (коэффициент перекрытия составил менее единицы). Напротив, передача с расширяющимися поводками доказала свое право на существование. В работе выполнена оценка влияния числа зубьев на кинематическую точность для работоспособного исполнения передачи: с увеличением числа зубьев увеличивалась и точность передачи с расширяющимися поводками. По результатам сравнения с эвольвентной передачей исследуемая ЗПП показала соответствие пятому классу точности. Результаты работы могут быть применены для дальнейшего исследования, разработки технологии изготовления и проектирования данного вида ЗПП.

Литература

1. Тимофеев Б.П., Сачков М.Ю. Макетирование зубчато-поводковой передачи // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 2(91). – С. 32–33.
2. Тимофеев Б.П., Сачков М.Ю. Синтез зубчато-поводковых передач по условию отсутствия кромочного контакта // ТММ. – 2015. – Т. 13. – № 2(26). – С. 23.
3. Литвин Ф.Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. – М.: Машиностроение, 1973. – 696 с.
4. Шевелева Г.И. Теория формообразования и контакта движущихся тел. – М.: Мосстанкин, 1999. – 494 с.



Дмитриев Павел Алексеевич
Год рождения: 1994
Физико-технический факультет, кафедра нанофотоники и метаматериалов, группа № V4240
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: p.dmitriev@metalab.ifmo.ru

УДК 535.36, 537.9, 538.911

РЕЗОНАНСНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Дмитриев П.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. Самусев А.К.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 15-19-30023.

Комбинационное рассеяние (КР) света – электромагнитный эффект, использующийся для сенсинга, усиления света, и для генерации и усиления вынужденного излучения [1]. Традиционно считается, что основным способом добиться усиления КР является использование металлических наночастиц, поддерживающих поверхностные плазмоны, и на основе них делаются подложки для поверхностно-усиленной Рамановской спектроскопии. Однако, существует ряд проблем, связанных с использованием плазмонных материалов: низкая биосовместимость основных материалов плазмоники, например золота или серебра, металлические резонансные наночастицы сильно поглощают падающее излучение и преобразуют его в тепло из-за высокого значения мнимой части диэлектрической проницаемости, что может разрушить детектируемый объект. В связи с этим, возникла необходимость ухода от металлических материалов в пользу диэлектриков, которые лишены указанных недостатков [2]. Современные исследования в области диэлектрических нанофотонных структур на основе высокоиндексных субволновых наночастиц позволяют создавать полностью диэлектрические резонансные структуры с большим усилением поля, большим фактором Парселла, и усиленным нелинейным откликом с низкими потерями и слабым нагревом [3]. Ключевым элементом диэлектрической нанофотоники являются высокоиндексные наночастицы, поддерживающие резонансы типа Ми в видимом диапазоне, без больших потерь, присущих металлическим наноструктурам. В частности, магнитные оптические дипольные резонансы используются для улучшения работы наноантенн фотонных топологических изоляторов, широкополосных отражателей, волноводов [2, 3].

Актуальный вопрос, обсуждаемый в данной работе, состоит в том, как резонансы Ми-типа влияют на другие процессы рассеяния света, в частности КР. Хорошо известно, что многие полупроводниковые материалы, включая кристаллический кремний, имеют собственный сигнал КР, в отличие от благородных металлов. Более ранние исследования усиления КР от кремниевых наночастиц ограничивались плотными кластерами без контроля формы и размера частиц, или же вовсе исследовались крупные структуры – волноводы или резонаторы на основе мод шепчущей галереи. В работе исследовалось КР от одиночных наночастиц вблизи электрических и магнитных резонансов Ми-типа. Продемонстрировано, что используя эти резонансы можно добиться усиления различных процессов рассеяния света, в частности КР.

В данной работе было разработано два новых метода изготовления кристаллических кремниевых наночастиц при помощи контролируемой фемтосекундной лазерной абляции. При помощи темнопольной спектроскопии была измерена резонансная структура, типа Ми, спектра рассеяния наночастиц, которая, в сочетании с электронной микроскопией наночастиц, позволила точно определять размеры наночастиц. Дальнейшие измерения КР показали резонансную зависимость интенсивности КР от размера частиц. Аналитическое моделирование и экспериментальное измерение показали, что КР от резонансных наночастиц усиливается на Ми-резонансах наночастиц, причем коэффициент усиления зависит от добротности конкретного резонанса и от степени локализации электрического поля внутри наночастицы [4, 5].

Основные результаты работы могут быть сформулированы следующим образом:

1. разработано два метода (рис. 1) изготовления кристаллических наночастиц одностадийным процессом при помощи контролируемой фемтосекундной лазерной абляции. В первом методе, прямой лазерной записи массивов наночастиц, фемтосекундный лазер используется для вырезания из тонкой аморфной пленки отдельный участков, которые из-за наколенной теплоты преодолевают порог термического распад тонких пленок, и распадаются на полусферические наночастицы. При аккуратном подборе толщины пленки, размеров вырезаемых участков и плотности мощности импульсов можно получать упорядоченные массивы одинаковых частиц. Во втором методе, одиночные фемтосекундные лазерные импульсы используются для контролируемой абляции малых участков тонкой аморфной пленки и переносе наночастиц, сформированных в процессе абляции, на другую подложку. Размеры получаемых частиц можно контролировать варьируя плотность мощности лазерных импульсов;

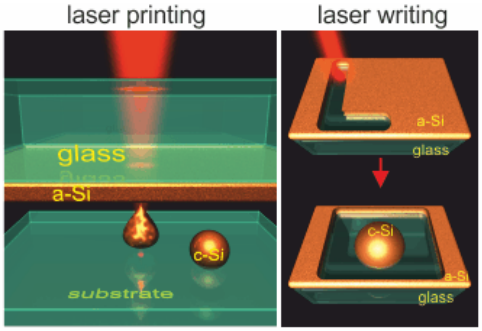


Рис. 1. Методики изготовления наночастиц при помощи фемтосекундной лазерной абляции – лазерная печать, где одиночные фемтосекундные импульсы локально аблируют донорную подложку

2. показана кристалличность изготавливаемых наночастиц при помощи измерения спектров КР от отдельных наночастиц и карты электронной дифракции от кластеров наночастиц. Спектр КР от отдельных наночастиц почти совпадает со спектром КР от

объемного кремния, что свидетельствует об их кристалличности. Это подтверждается картой электронной дифракции от кластера наночастиц, на которой видны дифракционные порядки, характерные для объемного кремния (рис. 2);

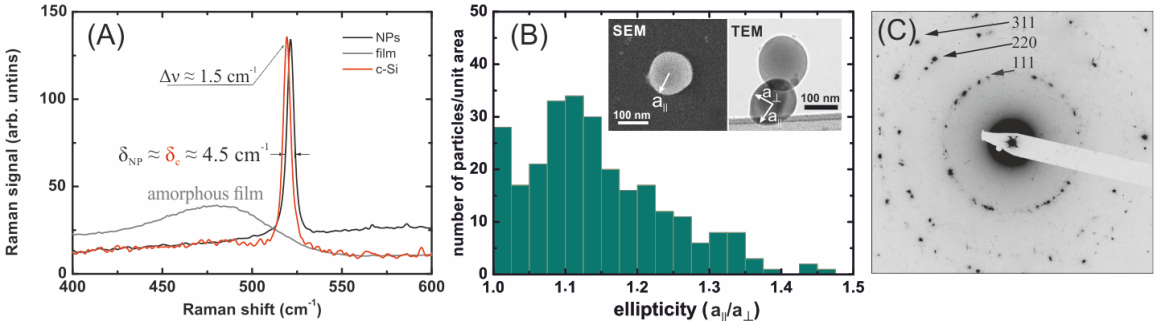


Рис. 2. Спектры КР от исходной аморфной кремниевой пленки (серый), объемного кристаллического кремния (красный) и от одиночной кремниевой наночастицы (черный) (A). Эллиптичность наночастиц изготавливаемых методом лазерной печати, на вставках сканирующей (SEM) и просвечивающей (TEM) электронной микроскопии показаны используемые обозначения полуосей (B). Карта электронной дифракции от кластера наночастиц с отмеченными характерными, для кристаллического кремния, плоскостями [4] (C)

3. измерены резонансы типа Ми отдельных наночастиц и показана зависимость положения резонансов от размеров наночастиц. Показана зависимость положения пиков магнитного и электрического дипольных резонансов от размера частиц (рис. 3). Методика изготовления частиц позволяет контролировать положения резонансов на всем оптическом спектральном диапазоне;

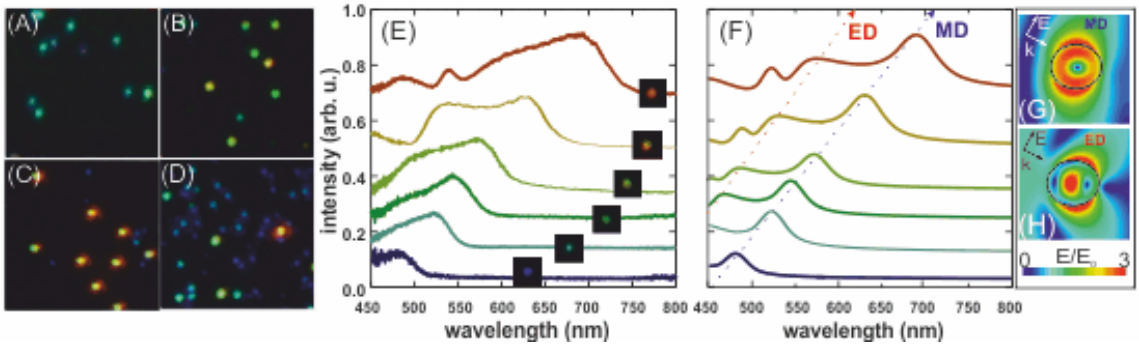
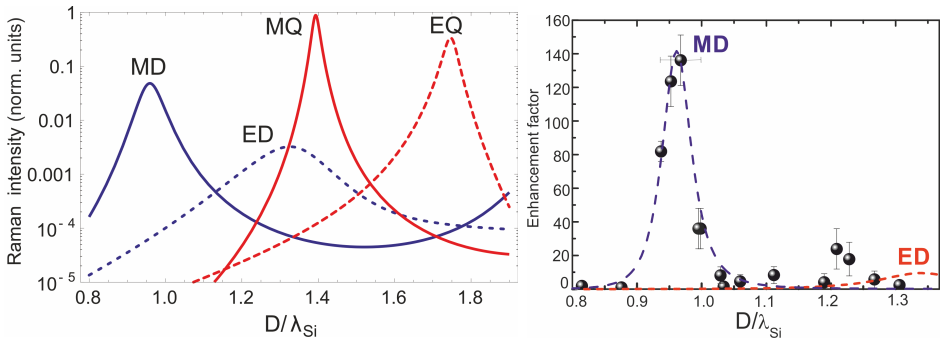


Рис. 3. Темнопольное рассеяние от наночастиц изготовленных методом лазерной печати при разных плотностях энергии лазерных импульсов (A-D). Экспериментальные спектры темнопольного рассеяния одиночных наночастиц разных размеров (E). Численный расчет спектров рассеяния от наночастиц разных размеров и распределение поля на магнитном дипольном и электрическом дипольном резонансах [4] (F-H)

4. построена аналитическая модель (рис. 4, а) усиления КР от отдельной наночастицы на различных резонансах типа Ми. Степень усиления КР на конкретном резонансе зависит от добротности резонанса и от степени локализации электрического поля внутри наночастицы. Из-за этого ожидается более сильное усиление КР на магнитных резонансах, как имеющих большую степень локализации электрического поля внутри частицы, чем у электрических резонансов;
5. экспериментально продемонстрировано усиление КР от отдельных наночастиц на магнитном и электрическом дипольных резонансах (рис. 4, б). Максимально достигнутый коэффициент усиления – 140, относительно ситуации, когда резонансы наночастиц не совпадали с длиной волны лазера, используемого для накачки.



а б

Рис. 4. Аналитический расчет вклада различных Ми резонансов в комбинационное рассеяние от отдельной сферической кремниевой наночастицы [5] (а); экспериментально измеренное усиление комбинационного рассеяния (точки) и аналитическая модель (пунктир) [5] (б)

Литература

1. Hayes W., Loudon R. Scattering of Light by Crystals. – New York: John Wiley & Sons, 1978. – 360 p.
2. Kuznetsov A.I., Miroshnichenko A.E., Fu Y.H., Zhang J., Luk'yanchuk B. Magnetic Light // Sci. Rep. – 2012. – V. 2. – P. 492.
3. Krasnok A.E., Makarov S.V., Petrov M.I., Savelev R.S., Belov P.A., Kivshar Y.S. Towards all-dielectric metamaterials and nanophotonics // SPIE Opt. and Optoelectr. – 2015. – V. 9502. – P. 950203–950203.
4. Dmitriev P.A., Baranov D.G., Milichko V.A., Makarov S.V., Mukhin I.S., Samusev A.K., Krasnok A.E., Belov P.A., Kivshar Y.S. Resonant Raman scattering from silicon nanoparticles enhanced by magnetic response // Nanoscale. – 2016. – № 8(18). – P. 9721-6.
5. Dmitriev P.A., Makarov S.V., Milichko V.A., Mukhin I.S., Gudovskikh A.S., Sitnikova A.A., Samusev A.K., Krasnok A.E. and Belov P.A. Laser fabrication of crystalline silicon nanoresonators from an amorphous film for low-loss all-dielectric nanophotonics // Nanoscale. – 2016. – № 8(9). – P. 5043–5048.



Дмитриева Олеся Александровна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента,
группа № U4247
Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика
e-mail: dmitrolesya@yandex.ru

УДК 311.16

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАТЕНТНОЙ АКТИВНОСТИ В РОССИИ И В ДРУГИХ СТРАНАХ

Дмитриева О.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Батова Т.Н.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610749 «Проектирование и экономическое обоснование оптических систем для фундаментальных и прикладных исследований».

Современный этап развития общества характеризуется активным взаимодействием науки и производства, где производство выступает в качестве массового потребителя научных знаний. Данный процесс обуславливает научно-технический прогресс (НТП). Его значимость нельзя недооценивать, поскольку именно прогресс обуславливает развитие различных сфер общества и экономики, а также применение его результатов позволяет создавать и использовать конкурентные преимущества.

Целью работы является исследование и моделирование патентной активности в России и в других странах. Тема настоящего исследования является актуальной, поскольку, с одной стороны, оно позволяет проанализировать патентную активность страны и, с другой, выявить факторы, оказывающие на нее влияние.

Современный этап развития общества обуславливает высокую роль НТП, который представляет собой сложный и непрерывный процесс, что определяет необходимость непрерывного планирования и прогнозирования. В прогнозе научно-технического развития России до 2030 года выделяется 7 приоритетных направлений [1]. Однако, проведенное исследование динамики внутренних текущих затрат на научные исследования и разработки в России позволило заключить о неравномерном распределении финансируемых средств, при котором наибольшая часть средств направляется на разработки. Основным же источником финансируемых средств по приоритетным направлениям являются средства государственного бюджета различных уровней [2].

Проведение научных исследований и разработок является важным моментом для формирования инновационной экономики. В России оценка результативности научных организаций производится в соответствии с «Типовой методикой оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения» [3]. По итогам оценки научные организации относятся к одной из трех групп:

1. организации-лидеры;
2. организации, показывающие стабильно удовлетворительный результат;
3. организации, утратившие перспективы развития.

В качестве одного из основополагающих показателей оценки стоит рассматривать патенты. Данный показатель является наиболее труднодостижимым, так как подразумевает создание нового и пригодного к применению знания. Именно поэтому настоящее исследование посвящено изучению патентной активности.

В России в среднем чуть более 70% от числа поданных заявок на изобретения получают регистрацию, а используется около 30% от числа заявок. В свою очередь, для полезных моделей данное соотношение составляет 90% и 35% соответственно. Число поданных заявок, зарегистрированных патентов и использованных промышленных образцов в России к 2015 году становится почти равным [2].

Исследование показало, что Россия занимает 6 место по числу поданных заявок на патенты резидентами страны в 2015 году, а также выявило значительный перевес заявок резидентами в большинстве лидирующих стран по числу поданных заявок [4].

В рамках данного исследования применялся корреляционно-регрессионный анализ. В качестве основного фактора, влияющего на патентную активность страны, был выбран объем затрат на научные исследования и разработки. Данные Организации экономического сотрудничества и развития [5], выраженные в долларах

США, позволили сопоставить результаты моделирования и выделить три группы стран:

1. страны с отсутствующей высокой корреляционной связью: Германия, Канада, Корея и Япония;
2. страны с ускоренным ростом: Китай и США;
3. страны с заметной корреляционной связью, где присутствует некий предел насыщения, т.е. увеличение объемов финансирования уже не приводит к ожидаемому росту числа регистрируемых патентов: Россия.

Результаты моделирования показали неоднозначность влияния объемов финансирования научных исследований и разработок на количество регистрируемых патентов, что определило необходимость более глубокого анализа патентной активности в России.

Поэтому была исследована структура затрат, что позволило выявить неравномерность распределения финансируемых средств. К сожалению, на приобретение оборудования выделяется всего 3%. Также исследование показало, что в России, несмотря на увеличение в натуральном выражении объема затрат на научные исследования и разработки, значение данного показателя в % к ВВП за период с 2000 по 2015 года приблизительно равен 1%. Было выявлено, что зависимость числа зарегистрированных патентов и затрат в рублях также наилучшим образом описывает выпуклая парабола, свидетельствующая о замедлении темпов роста числа регистрируемых патентов в России, что определило необходимость более детального исследования влияние и других показателей.

В качестве одного из таких показателей было выбрано число организаций, занимающихся научными исследованиями и разработками. Проведенное исследование выявило отсутствие высокой корреляционной связи рассматриваемых показателей.

В качестве следующего показателя была выбрана численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками. Результаты проведенного моделирования выявили отрицательную зависимость количества патентов и численности персонала. Все это говорит о том, что увеличение численности персонала не будет приводить к росту числа регистрируемых патентов.

В свою очередь большую часть персонала, занятого научными исследованиями и разработками, представляет собой категория исследователей. Характер выпуклой параболы свидетельствует о замедлении темпов роста числа патентов при увеличении численности исследователей. В то же время, проведенное исследование показало, что заметная связь с числом регистрируемых в стране патентов наблюдается в категории исследователей от 40 до 49 лет, и умеренная от 50 и старше, в то время как в категории до 40 лет связь является слабой.

Еще одним значимым показателем является количество статей российских ученых в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus. Полученные в процессе исследования результаты показывают, что все три рассмотренные формы уравнений не способны адекватно отразить взаимосвязь рассматриваемых факторов. Это является следствием особенности проведения научных исследований и разработок, которая выражается в небольшом афишировании нового знания до непосредственного оформления правовой защиты результата интеллектуальной деятельности.

Ранее были рассмотрены парные модели, поэтому особый интерес вызывает многофакторная модель, отбор факторов в которую осуществлялся на основе матрицы

парной корреляции. Для устранения межфакторной корреляции было решено использовать совмещенное уравнение, которое отражает влияние не только факторов, но и их взаимодействие.

Поэтапное преобразование модели осуществлялось на основе исключения из уравнения фактора, обладающего наименьшим значением по *t*-критерию Стьюдента. Полученная на последнем этапе модель прошла проверку на значимость коэффициентов и надежность модели по *F*-критерию Фишера и имеет следующий вид:

$$y=1{,}28x_4+27{,}8x_1\cdot x_2-3{,}02x_1\cdot x_3-0{,}36x_2\cdot x_4+25787,$$

где x_1 – объем затрат; x_2 – число организаций; x_3 – численность исследователей; x_4 – число публикаций.

Результаты проведенного исследования позволили выделить множество факторов, сдерживающих патентную активность в России и требующих принятия радикальных мер, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1. Сдерживающие факторы патентной активности в России

Внесение необходимых коррективов положительным образом скажется на повышении патентной активности в России.

Также, на основе результатов проведенного исследования, были выявлены факторы, стимулирующие патентную активность в России, которые представлены на рис. 2.



Рис. 2. Стимулирующие факторы повышения патентной активности в России

Реализация представленных факторов и устранение сдерживающих факторов способно привести к повышению уровня патентной активности в России.

Таким образом, проведенное исследование показало, что необходим системный подход к повышению патентной активности в России. Только грамотная и тщательно разработанная система способна обеспечить эффективность процесса повышения патентной активности.

Литература

1. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Правительством РФ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/news/9800/, своб.
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/#, своб.
3. Типовая методика оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения (утв. Минобрнауки РФ от 05 марта 2014 г. № 161) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sciencemon.ru/legal/laws/prikaz-minobrnauki-rossii-ot-5-marta-2014-161/#2, своб.

4. World intellectual property organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/country_profile/, своб.
5. The Organisation for Economic Co-operation and Development [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm, своб.



Желонкин Артём Сергеевич
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № В4236
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: aszhelonkin@corp.ifmo.ru

УДК 654.924

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОПАРНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШИТЕЛЕЙ

Желонкин А.С.
Научный руководитель – д.т.н., доцент Волхонский В.В.

Одними из наиболее распространенных устройств обнаружения являются пассивные оптико-электронные инфракрасные извещатели (ПОЭИИ), удачно сочетающие достаточно высокую эффективность и низкую стоимость. Однако возможности качественного улучшения характеристик таких устройств практически исчерпаны.

Целью работы являлось улучшение важнейшего параметра таких извещателей, а именно, вероятности обнаружения нарушителя. На основании поставленной цели предполагалось решить следующие задачи. Во-первых, необходимо было провести анализ схемотехнических решений для пассивных инфракрасных (ПИК) извещателей. Во-вторых, решить задачу по разработке извещателя с возможностью адаптации алгоритма обработки к многоэлементным пироэлектрическим приемникам (ПЭП) и, в-третьих, провести исследование возможности разработки извещателя с термопарной матрицей в качестве чувствительного элемента.

ПИК извещатели позволяют производить обнаружение движущейся цели в объеме контролируемого помещения. В большинстве таких извещателей используются ПЭП с двумя чувствительными элементами, включенными встречно параллельно или встречно последовательно. Для улучшения характеристик необходимо увеличивать информативность формируемого сигнала. Для этого – используется несколько ПЭП и несколько оптических систем, что приводит к удорожанию и усложнению устройств и не является удовлетворительным решением.

В работах [1, 2] был предложен ряд решений на основе многоэлементных ПЭП с раздельными выходами от каждого из чувствительных элементов. Например, извещатели с четырьмя и девятью независимыми чувствительными элементами. Что позволило произвести оптимизацию диаграммы направленности к направлению движения цели.

Учитывая принципиальные возможности использования многоэлементных ПЭП с различным количеством чувствительных элементов, а также их комбинаций, можно говорить о необходимости применения в каждом конкретном случае своего

схемотехнического и программного решения. Ввиду этого необходимо разработать техническое решение для извещателей с многоэлементным ПЭП, в котором схема обработки сигнала, не будет зависеть от количества чувствительных элементов и их комбинаций. В свою очередь, использование приемников с большим количеством чувствительных элементов определенным образом может сказаться на стоимости извещателей. Поэтому, также существует задача поиска альтернативных приемников инфракрасного излучения, например, применение термопарных матриц.

В работе было предложено техническое решение для извещателя с многоэлементным ПЭП (рис. 1).

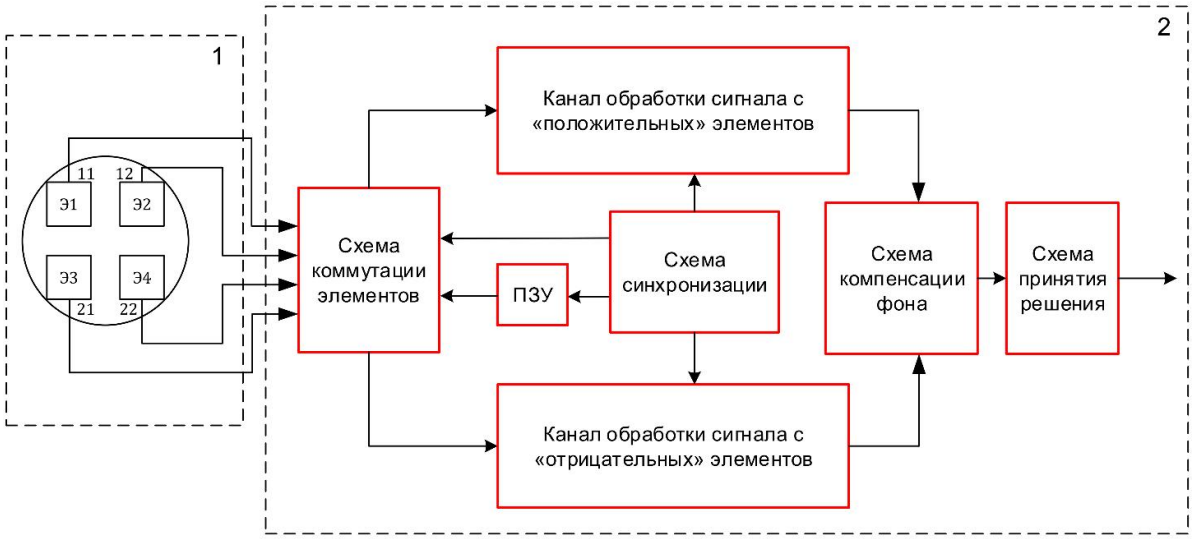


Рис. 1. Вариант схемы для ПОЭИИ с четырехэлементным ПЭП

Принцип работы такого извещателя, например, в случае четырехэлементного приемника следующий. Сигналы с чувствительных элементов передаются на соответствующие каналы обработки, в которых происходит накопление сигнала и нормирование в соответствии с количеством чувствительных элементов, затем полученные сигналы подаются на схему компенсации фона, в которой производится вычитание из одного сигнала другого, а полученный сигнал сравнивается с пороговым уровнем.

При отсутствии цели с каждого из чувствительных элементов поступают сигналы, соответствующие излучению фона. Сигналы с положительной полярностью поступают на первый канал обработки, а с отрицательной полярностью на второй. Далее сигналы, суммируются и затем нормируются. Затем происходит вычитание из значения сигнала поступившего с выхода первого канала обработки значения сигнала со второго канала обработки. Ввиду приблизительно равных сигналов, после компенсации фона, значение сигнала становиться приблизительно равным нулю и не превышает порогового уровня.

При наличии цели (рис. 2), на определенных чувствительных элементах регистрируется сигнал, соответствующий суммарному излучению от фона и цели. Ввиду этого, после компенсации фона, на схему принятия решения подается сигнал, соответствующий излучению от цели, что в случае превышения порогового уровня приводит к формированию извещения о тревоге.

Для оценки возможности использования термопарных матриц в качестве чувствительных элементов извещателей в работе было выполнено моделирование диаграммы направленности. Для моделирования диаграммы направленности использовалось программное обеспечение TracePro.

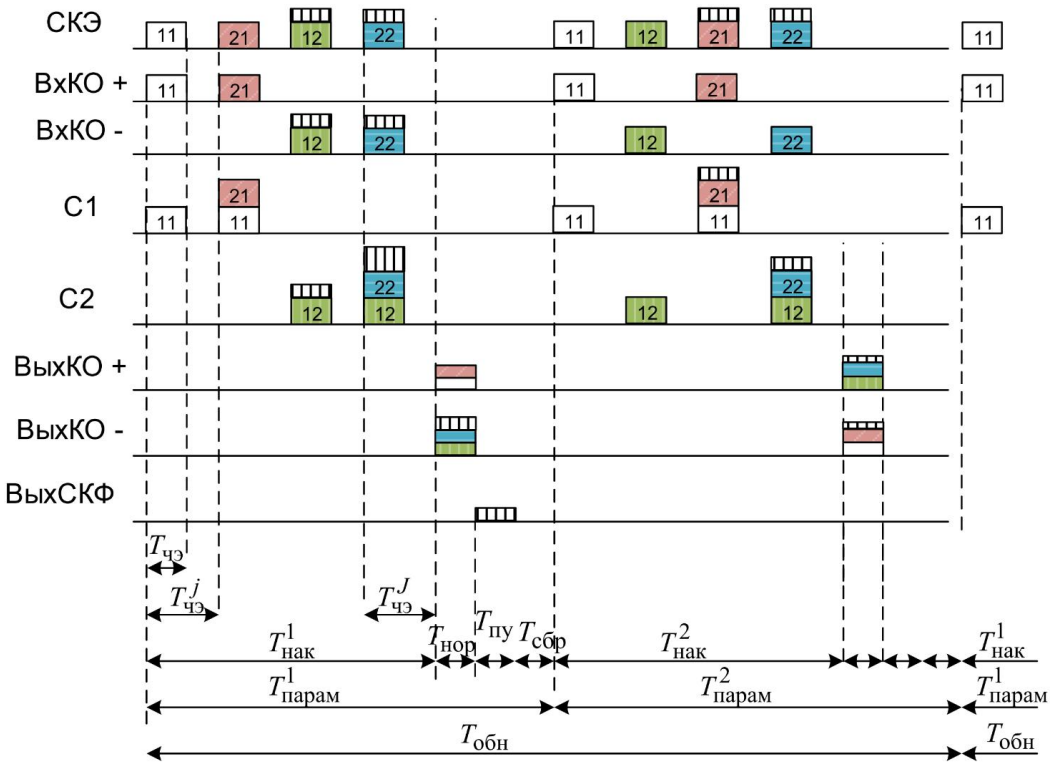
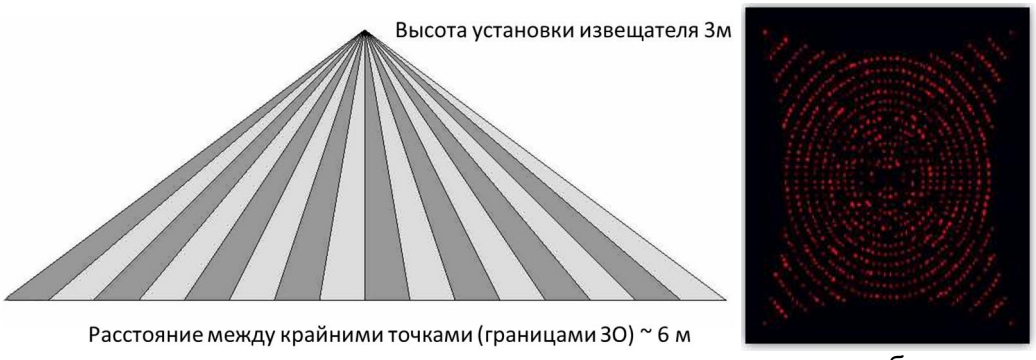


Рис. 2. Временная диаграмма для ПОЭИИ с четырехэлементным ПЭП при наличии цели

В качестве одного из вариантов (рис. 3, а) предполагалось размещение извещателя на потолке помещения высотой 3,0 м, а диаграмма направленности имела телесный угол в 90° с охватом зоны радиусом в 6 и более метров.



а б

Рис. 3. Схематическое изображение диаграммы направленности для термопарной матрицы (а); модель диаграммы направленности для термопарной матрицы НТРА 32×32*d* (вид сверху)

Из формы (рис. 3, б) модели диаграммы направленности, полученной для матрицы 32×32*d*, можно сделать вывод о возможности сформировать круговую диаграмму направленности.

Алгоритм обработки может быть аналогичен описанному в техническом решении для извещателя с многоэлементным ПЭП. Ввиду того, что чувствительные элементы термопарных матриц имеют некоторую погрешность при измерении температуры фона, для учета и компенсации, возможно, использовать термистор, показания которого оцифровываются при помощи АЦП. С целью снижения вероятности ложных срабатываний, а также влияния различных источников помех, возможно, производить дополнительную обработку сигнала [3–5].

Основные результаты работы:

– проведен анализ основных элементов и функциональных характеристик ПОЭИИ с 2-х, 4-х и 9-и элементными ПЭП, описанных в российских и зарубежных патентах;
– выполнено моделирование и расчет параметров диаграммы направленности ПОЭИИ с термопарной матрицей в качестве чувствительного к инфракрасному излучению элемента;
– предложено техническое решение для ПОЭИИ с многоэлементным ПЭП и общим каналом обработки сигнала.

Литература

1. Волхонский В.В., Билиженко И.В., Малышкин С.Л., Воробьев П.А. Формирование диаграмм направленности оптико-электронных извещателей на основе многоэлементных приемников ИК-излучения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2017. – № 1. – С. 96–99.
2. Пат.159824 Российская Федерация, МПК G 08 B 13/19. Охранный пассивный инфракрасный извещатель / Волхонский В.В., Воробьев П.А., Малышкин С.Л., Перчуков В.И., Рахматуллина Т.М.; заявитель и патентообладатель Закрытое Акционерное Общество «РИЭЛТА» (RU). – № 2015128717/12; заявл. 14.07.2015; опубл. 20.02.2016 Бюл. № 5. – 2 с.: ил.
3. ГОСТ Р 50777-2014. Извещатели пассивные оптико-электронные инфракрасные для закрытых помещений и открытых площадок. Общие технические требования и методы испытаний. – Введен 01.01.2016. – М.: Стандартинформ, 2014. – 61 с.
4. Thermopile Arrays and Imaging: Overview-HTPA32x32d [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.heimannsensor.com/Datasheets/Overview-HTPA32x32d_Rev3.pdf, своб.
5. Trace Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lambdares.com/tracepro, своб.



Кириенко Виталий Владимирович
Год рождения: 1992
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: Erozial2010@yandex.ru

УДК 62

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОСТАВЛЕННЫХ ПРЕДМЕТОВ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Кириенко В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ярышев С.Н.

Часто из сводок новостей можно услышать о совершаемых по всему миру террористических актах, при этом это не обязательно вооруженное нападение на охраняемый объект или захват заложников – достаточно просто оставить сумку или коробку наполненную взрывчаткой в месте массового скопления людей. Для противодействия подобному событию применяются системы телевизионного

наблюдения, благодаря которым можно заранее обнаружить оставленный предмет. Но стоит учитывать размеры объекта, непосредственно влияющие на количество видеокамер, и что вся поступающая информация обрабатывается оператором. Человеческий фактор (отсутствие мотивации, усталость, монотонность работы и т.п.) значительно снижают эффективность обнаружения оставленных предметов. Цифровая обработка информации увеличивает вероятность обнаружения оставленного предмета оператором, тем самым снижая возможность совершения террористического акта.

Получаемый от видеокамеры сигнал содержит огромное количество информации, которую с помощью цифровой обработки можно извлечь. Раздел цифровой обработки видеоинформации, который изучает вопросы извлечения из видеопотока информации, относящейся к изображению в целом или к отдельным его элементам, а также улучшения визуального восприятия видеопотока называется видеоаналитикой [1].

В соответствии с [2] в настоящее время наиболее перспективными признаны два алгоритма цифровой обработки видеоинформации, позволяющих организовать обнаружение оставленных предметов:

– алгоритм, основанный на поиске объектов переднего плана;
– алгоритм, основанный на трекинге (слежении за движущимися объектами).

В результате сравнения данных алгоритмов (таблица) установлено, что алгоритм, основанный на трекинге, требует больше вычислительных ресурсов, при этом единственным его преимуществом является возможность установления лица, принесшего предмет, что в общем случае не является обязательным, так как за видеокамерами постоянно наблюдает оператор, который может просмотреть видеоархив. В связи с этим принято решение реализовать алгоритм, основанный на поиске объектов переднего плана.

Таблица. Сравнение алгоритмов обнаружения оставленных предметов

Параметр сравнения	Алгоритм, основанный на поиске объектов переднего плана	Алгоритм, основанный на трекинге объектов
Работа в толпе	высокий уровень детектирования достигается при корректной установке истинного фона	возникают трудности с выделением отдельно движущегося объекта
Сложность процессов обработки	средняя	высокая
Ресурсоемкость	средняя	высокая
Сложные ситуации, в которых высока погрешность работы алгоритма	при условиях невозможности выделить задний план	при условиях высокой интенсивности движения объектов в кадре, временной потере видимости объекта при его пересечении с другими объектами
Ложные срабатывания	при задержке человека в кадре (решается применением классификатора объектов)	при задержке человека в кадре (решается применением классификатора объектов)

Параметр сравнения	Алгоритм, основанный на поиске объектов переднего плана	Алгоритм, основанный на трекинге объектов
Обнаружение человека, который принес предмет	невозможно	возможно
Пропуски оставленных предметов	Высокий уровень детектирования достигается при корректной установке заднего плана	возникают трудности при условиях высокой интенсивности движения

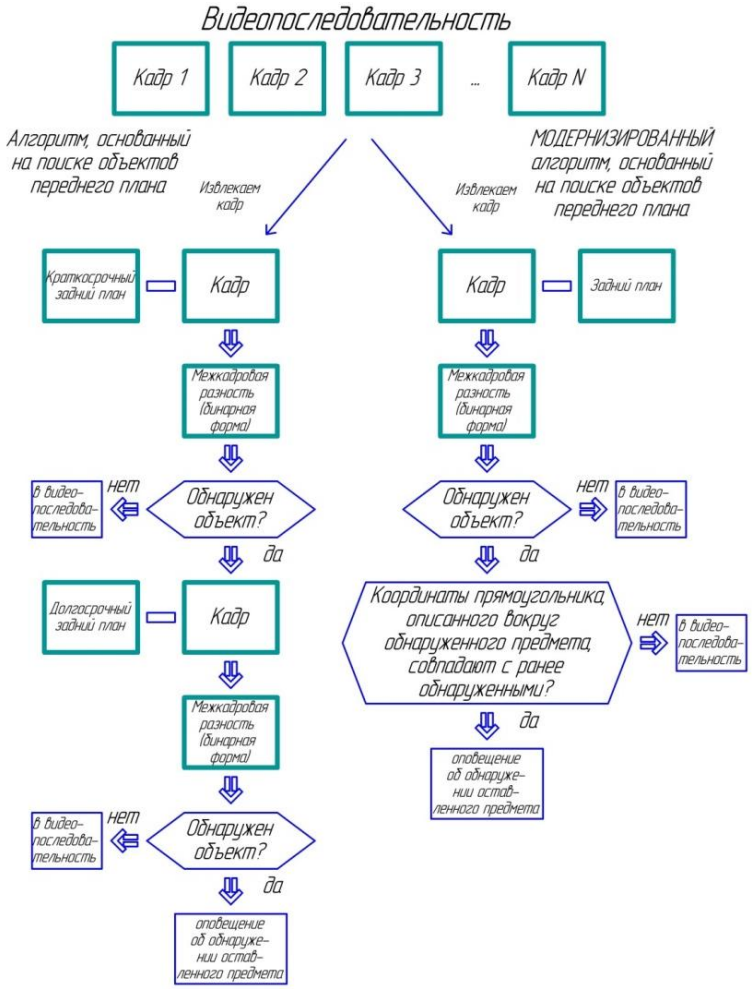


Рис. 1. Блок-схема алгоритма, основанного на поиске объектов переднего плана и его модернизированной версии

При изучении общего принципа действия алгоритма, основанного на поиске объектов переднего плана, представленного на рис. 1, принято решение модернизировать его за счет хранения данных об обнаруженных предметах в форме координат прямоугольников, описанных вокруг них, что позволяет сократить число вычислительных процедур и уменьшить количество задних планов. В результате алгоритм принял следующий вид (представлен на рис. 1):

1. захват кадра из видеопоследовательности;
2. сравнение кадра с задним планом (например, методом вычитания);
3. анализ полученного изображения межкадровой разности, с целью определение координат прямоугольника, описанного вокруг оставленного предмета (например,

переводом в бинарную форму, обработкой морфологическими операциями с целью получения внешнего контура объекта, сбора координат пикселей внешнего контура оставленного предмета и выделения из них крайних по горизонтали и вертикали);

4. сравнение координат прямоугольника, описанного вокруг оставленного предмета с координатами прямоугольников, имеющихся в базе. При совпадении координат, оператору выводится последний кадр видеопоследовательности, с выделенным в красный прямоугольник оставленным предметом.

Предложенный алгоритм был реализован в программной среде MATLAB.

Для проверки эффективности разработанной программы было проведено ее тестирование при следующих условиях наблюдения:

– оставленный предмет – рюкзак, с габаритными размерами 20×45×25 см (Д×Ш×В);
– помещение, с расстоянием от камеры до стены, расположенной напротив нее – 5,5 м;
– в помещении поддерживается освещенность не ниже 100 лк;
– оставленный предмет располагается на расстоянии 2,5 или 5,5 м;
– оставленный предмет, может быть, повернут к видеокамере одной из трех плоскостей: 45×25 см, 45×20 см или 25×20 см;
– на каждом расстоянии и при каждой плоскости проводилось серия из 10 испытаний;
– скорость обработки видеоинформации – 1 кадр в секунду.

В результате тестирования предмет детектирован системой при всех 60-ти испытаниях, но установлены следующие недостатки в работе программы:

– из-за высокой отражающей способности стола фиксировался не только объект, но и его отражение;
– на 5 из 60 видеоизображений присутствует ошибка 2-го рода, связанная с ненадежным креплением видеокамеры;
– недостаточно четко описан прямоугольник вокруг оставленного предмета (обрывками из маленьких прямоугольника), что объясняется наличием ошибок в коде программы.

Пример полученного кадра с выделенным на нем оставленным предметом, приведен на рис. 2.

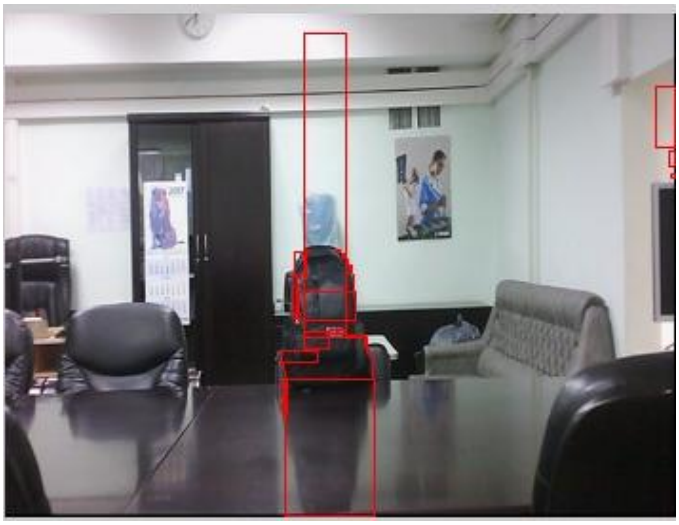


Рис. 2. Кадр видеопоследовательности с выделенным на нем в красный прямоугольник оставленным предметом, на котором видны: детекция отражения оставленного предмета, ошибка 2-го рода, ошибки в описании контура вокруг оставленного предмета

Все выявленные недостатки являются ошибками программного кода и не влияют на эффективность алгоритма.

В результате настоящей работы были проведены:

– выбор оптимального алгоритма обнаружении оставленных предметов из наиболее перспективных;
– модернизация выбранного алгоритма с целью уменьшения вычислительных ресурсов, требующихся для его реализации;
– алгоритм программно реализован, с использованием среды разработки MATLAB;
– проведено тестирование разработанной программы.

Разработанную программу после доработки и создания пользовательского интерфейса можно применять в системе телевизионного наблюдения любого объекта. Модернизированный алгоритм, в свою очередь, можно применять и для реализации других модулей видеоаналитики (обнаружение движение, трекинг, нахождение «горячих зон» и т.д.).

Литература

1. Ярышев С.Н., Цифровые методы обработки видеоинформации и видеоаналитика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://oeps.ifmo.ru/uchebn/UP_Va.pdf, своб.
2. Обнаружение оставленных предметов. Анализ двух прогрессивных методов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aktivsb.ru/statii/obnaruzhenie_ostavlennykh_predmetov_analiz_dvukh_progressivnykh_metodov.html, своб.



Ковалевич Александр Валерьевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра мехатроники, группа № Р4225
Направление подготовки: 15.04.06 – Мехатроника и робототехника
e-mail: Kovaevich@mail.ru

УДК 62-233.3/.9

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ НЕЭВОЛЬВЕНТНОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Ковалевич А.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Тимофеев Б.П.

В работе описывается исследование кинематики зубчатой передачи, в которой участвуют зубчатое и цевочное колесо. Особенностью рассматриваемого передаточного механизма является зацепление цевки с особой формой зуба. В двумерном представлении форма зуба представляет собой набор элементарных геометрических фигур. Это обуславливает простоту проектирования, изготовления и обслуживания зубчатого колеса и передачи в целом.

Современные системы передачи механического движения, в частности вращательного движения, в большинстве своем основываются на взаимно огибающих геометрических формах зубьев. Такие системы, в силу сложности форм рабочих

поверхностей, высокозатратны на стадиях проектирования, изготовления, монтажа и обслуживания.

История развития систем для передачи механического движения иллюстрирует переход от простых геометрических форм к более сложным. Механизмы древности вызывают множество вопросов у современников.

Во многом потому, что информация о древних механизмах, дошедшая до нас, в большинстве своем не полная или же вовсе отсутствует. Здесь рассматриваются передача движения с помощью зубчатых зацеплений. Одним из источников информации представляются изображения систем зубчатых передач в трудах Георгия Агрйколы «De Re Metallica Libri XII» [1] («О горном деле и металлургии в двенадцати книгах»), опубликованных в 1556 г. в Базеле. Как видно из названия, речь в монографии идет о геологии и технологических процессах при добыче, транспортировке и переработке руд. На представленных в трудах изображениях можно увидеть пример использования системы зубчатых колес с простейшими формами зубьев. Такие формы в двумерном представлении можно описать элементарными геометрическими фигурами.

В представленной работе выдвигается предположение о том, что конструкции зубчатых колес в древности качественно отрабатывали поставленные перед ними задачи. А значит, формы зубцов, используемые в данных зубчатых колесах, позволяют выполнять передачу движения и изменение его с допустимыми погрешностями и отклонениями.

Для полноты исследования объектами выбираются зубчатые колеса с различными формами зуба. Все исследуемые зубчатые колеса входят в зацепление с цевочным колесом. Для всех исследуемых зубчатых колес рассчитываются геометрические параметры, необходимые для реализации эффективного зацепления. Все исследование проводится относительно плоского (двумерного) представления форм зубьев и цевки. На рис. 1 представлены контуры геометрических форм трех исследуемых вариантов зуба зубчатого колеса.

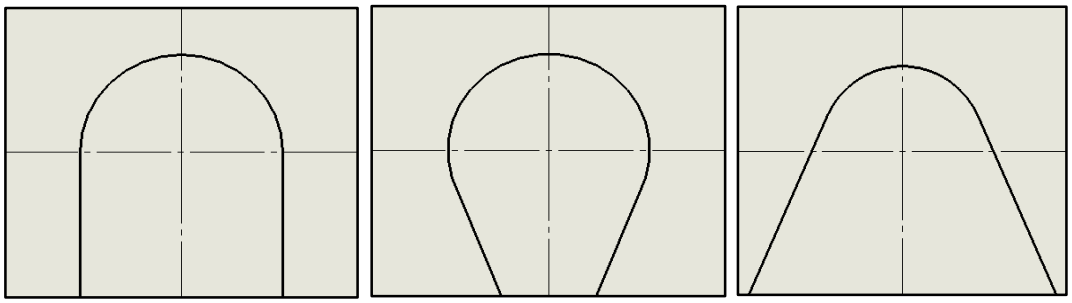


Рис. 1. Варианты форм A (а); B (б); C (в)

Для решения задачи нахождения закона движения систем зацепления зубьев зубчатых колес и цевочного колеса используется матричный метод определения функций перемещения. Данный метод позволяет упорядочить и контролировать выполняемые действия при многократных преобразованиях, помогает упростить обратные преобразования благодаря возможности использования обратных матриц.

В работе проведены математические расчеты условий зацепления зуба и цевки с точки зрения их контакта. Нахождение функций положения и передаточного отношения, которые рассматриваются, например, в трудах Ф.Л. Литвина [2, 3]. Поставленная задача решена при помощи системы компьютерной алгебры из класса

систем автоматизированного проектирования, ориентированной на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением – Mathcad [4].

Для точки касания выполняется равенство радиус-векторов и противоположность направлений орт нормалей, приведенных посредством матричного преобразования к какой-либо одной системе отсчета [2], как представлено в системе уравнений:

$$\left.\begin{aligned}\overrightarrow{r_f^{(0)}} &= \overrightarrow{r_s^{(0)}} \\ \overrightarrow{e_f^{(0)}} &= -\overrightarrow{e_s^{(0)}}.\end{aligned}\right\}. \qquad (1)$$

Итогом составления математической модели в системе Mathcad стало создание графиков зависимостей:

- угла поворота цевочного колеса (φ_2) от угла поворота шестерни (φ_1);
- мгновенного передаточного отношения (i_{21}) от угла поворота шестерни (φ_1);
- ошибки угла поворота цевочного колеса ($\Delta\varphi_2$) от угла поворота шестерни (φ_1);
- ошибки передаточного числа (Δi_{21}) от угла поворота шестерни (φ_1).

Проанализировав полученные в ходе математического моделирования функциональные зависимости, приводится вывод, что большим преимуществом пользуется контакт острого зуба формы «В» с цевкой. На протяжении всего времени зацепления функция положения и передаточного отношения не имеет скачков и резких переходов. Она дифференцируема и не прерывна на всем протяжении диапазона шага.

Характерным отличием является отсутствие ударов во время зацепления одной кинематической пары. Также выгодно выделяется минимальное значение амплитуды функции ошибки положения ($\Delta\varphi_2(\varphi_1)$) при зацеплении одной кинематической пары: $A_{\Delta\varphi}$=0,006 рад. Данная величина сопоставима с циклической погрешностью зубцовой частоты в цилиндрической передаче [5].

Процент периода зацепления одной кинематической пары при модуле ошибки передаточного отношения не превышающем $|\Delta i_{21}|\leq 0{,}05$ также наибольший у варианта острого зуба формы «В». Практически 80% времени зацепления ошибка передаточного отношения не превышает 5%. Что тоже является благоприятным показателем.

Показатель $A_{\Delta i}$ характеризует величину жесткого удара при перезацеплении. По прошествии шага τ=30°, в зацепление войдет следующая кинематическая пара зуб – цевка, функции ошибок положения и передаточного отношения повторятся смещенные лишь на величину шага τ по оси φ_1. Следовательно функция ошибки передаточного отношения будет иметь скачок значения равный $A_{\Delta i}$, что, как упоминалось выше, является жестким ударом.

По итогам сравнения худшим вариантом зацепления является контакт прямого зуба формы «А» с цевкой. Значительные показатели амплитуды ошибок в данном контакте сочетаются с нестабильностью функции передаточного отношения – всего лишь ~58% времени зацепления ошибка передаточного отношения не превышает 5%.

Смоделировано перезацепление одной кинематической пары (зуб – цевка) с последующими. График функции ошибки передаточного отношения при перезацеплении представлен на рис. 2.

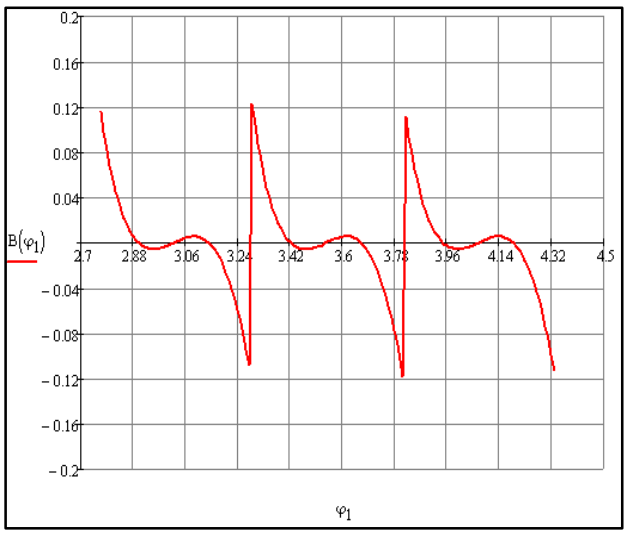


Рис. 2. Функция ошибки передаточного отношения для зацепления нескольких кинематических пар

Данное исследование может быть актуально для применения в передачах, например, часового зацепления.

Часовое зацепление является упрощенным циклоидальным зацеплением. Однако зуб такой передачи очерчен двумя различными кривыми и присутствует особая точка – кромка. Причем, в упомянутой кромке происходит контакт зубьев. В момент кромочного контакта значения ошибки положения, т.е. значения систематической составляющей циклической погрешности передачи, принимают экстремальные значения. Из-за этих свойств, циклоидальное зацепление в принципе чрезвычайно чувствительно к погрешности монтажа в виде ошибки межосевого расстояния. Ввиду вышесказанного, можно предложить рассмотренный в данном исследовании профиль зуба как упрощенный профиль для часового зацепления.

Принятую геометрическую форму зуба отличает то, что при ее зацеплении возможно исключение контакта на кромке. Вместе с тем, у принятой формы зуба минимальны значения амплитуд функций ошибок положения и передаточного отношения.

При более точном подборе геометрических параметров представленной зубчатой передачи, возможна качественная оптимизация параметров передачи движения.

Также, в дальнейшем, необходимо расширить исследование выбранного варианта зацепления в трехмерном представлении, определить динамические показатели, варьировать геометрическими параметрами и параметрами зацепления, применить упругую модель и реализовать испытательные и макетные стенды с использованием наработок исследования.

Литература

1. Агрикола Г. О горном деле металлургии в двенадцати книгах (главах) / Под ред. С.В. Шухардина. – М.: Недра, 1968. – 294 с.
2. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.
3. Литвин Ф.Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. – М.: Машиностроение, 1973. – 696 с.
4. Mathcad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.exponenta.ru/soft/mathcad/mathcad.asp, своб.
5. ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – Введен 01.07.1981. – М.: Изд-во стандартов, 1981 – 72 с.



Кударенко Андрей Викторович
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: geserok@gmail.com

УДК 621.314.58

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТИ С НЕСИММЕТРИЕЙ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Кударенко А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Борисов П.А.

На сегодняшний день в развитии техники наметились тенденции к распространению в различных отраслях промышленности полупроводниковых устройств, росту числа этих устройств и росту требований, предъявляемых к качеству электроэнергии. Так в развитых странах около 70% производимой электроэнергии используется для питания электроприводов различных назначений с использованием полупроводниковых преобразователей. Традиционные преобразовательные устройства имеют невысокий коэффициент мощности и высокий уровень гармоник потребляемого из сети тока, а новые стандарты на качество электроэнергии (ГОСТ 30804.3.2-2013, IEEE Std 1459-2010) ограничивают возможность использования простых выпрямительных схем. Отсюда появляется необходимость в использовании более современных преобразователей (активных выпрямителей) или устройств на их основе (силовые активные фильтры, статические компенсаторы), компенсирующих негативные последствия использования старых преобразователей.

В данной работе был решен ряд задач:

– были синтезированы системы управления активным выпрямителем напряжения (АВН), силовым активным фильтром (САФ) и статическим компенсатором;
– было произведено моделирование данных энергоподсистем в пакете MATLAB/Simulink;
– был произведен анализ показателей качества энергопотребления данных систем.

Для определения показателей качества энергопотребления необходимо произвести расчет полной мощности, потребляемой системами и различными ее составляющими. Расчет данных мощностей производился с помощью формул [1]:

$$S = U_{RMS} I_{RMS} = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2 + H^2},$$

$$P = UI\cos(\varphi),$$

$$Q = UI\sin(\varphi),$$

$$T = \sqrt{D_I^2 + D_V^2 + S_H^2},$$

$$D_i = V_1 I_H,$$

$$D_V = V_H I_1,$$

$$S_H = V_H I_H,$$

$$H = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2 - T^2},$$

где S – полная мощность; P – активная мощность; Q – мощность сдвига; T – мощность искажения; H – мощность несимметрии; D_i – мощность искажения тока; D_V – мощность искажения напряжения; S_H – мощность высших гармоник.

На основании определенных мощностей были определены показатели качества энергопотребления [1] с помощью следующих соотношений:

$$K_{\text{мощности}} = \frac{P}{S},$$

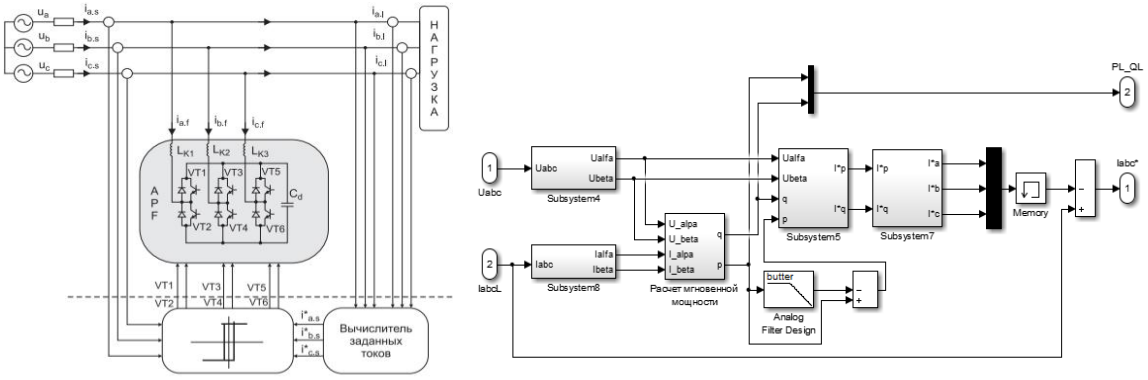
$$K_{\text{сдвига}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}},$$

$$K_{\text{искажения}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}},$$

$$K_{\text{гармоник}} = \sqrt{\sum_{k=2}^{N} (I_{kRMS})^2} / I_{1RMS},$$

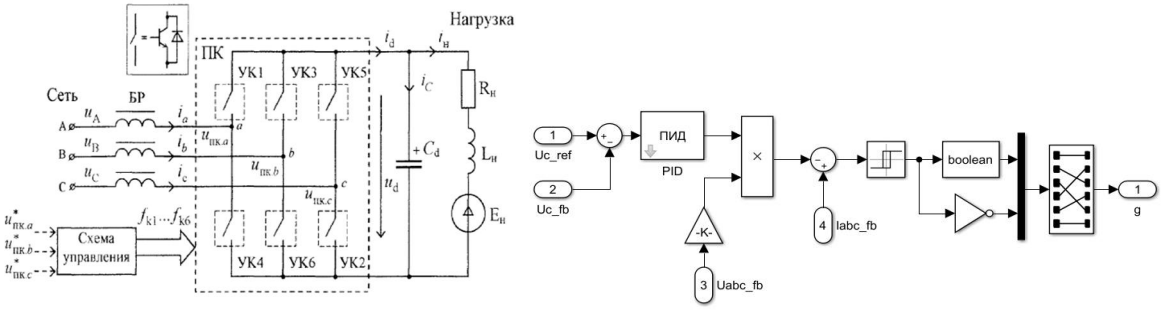
$$K_{\text{несимметрии}} = \frac{\sqrt{(P^2 + Q^2 + T^2)}}{S}.$$

На рис. 1–3 представлены структурные схемы данных устройств [2, 3], а также модели систем управления (МСУ) данных устройств, собранные в пакете MATLAB/Simulink.



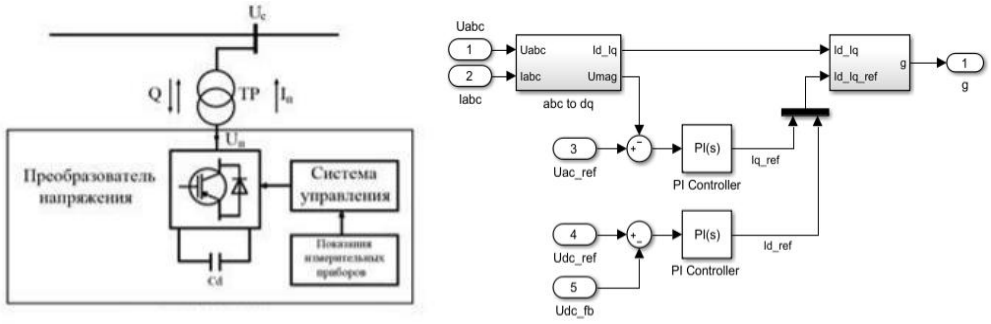
а б

Рис. 1. Структурная схема САФ (а) и вычислитель заданных токов (б)



а б

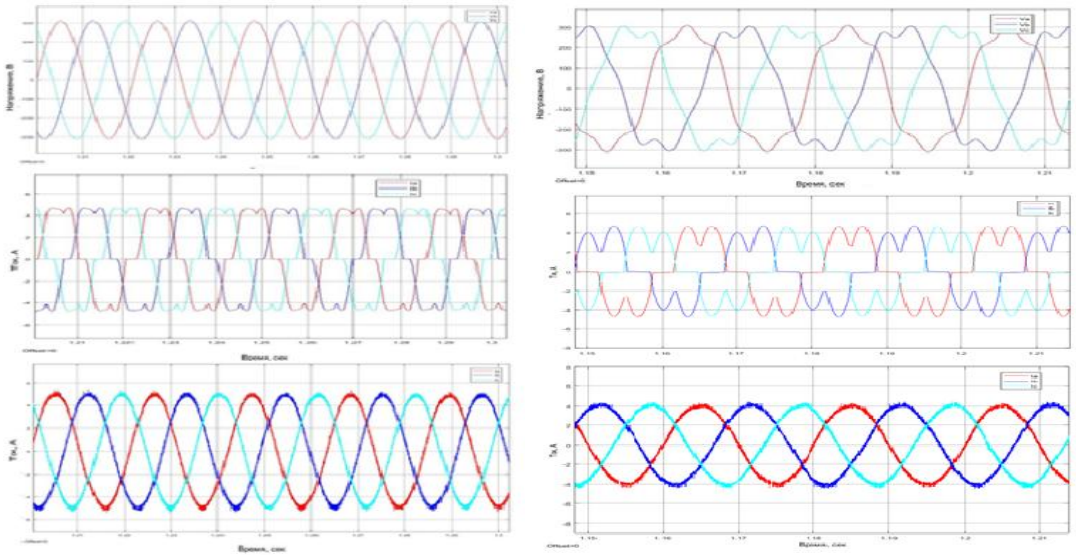
Рис. 2. Структурная схема АВН (а) и МСУ (б)



а б

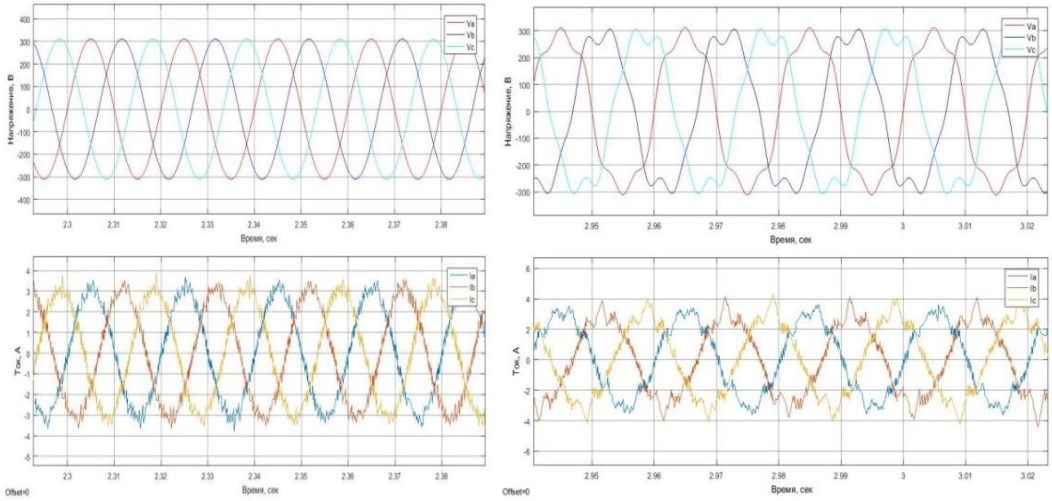
Рис. 3. Структурная схема статического компенсатора (а)
и МСУ статическим компенсатором (б)

Данные МСУ были дополнены моделями силовых частей исследуемых устройств, после чего было произведено моделирование, результаты которого представлены на рис. 4–6.



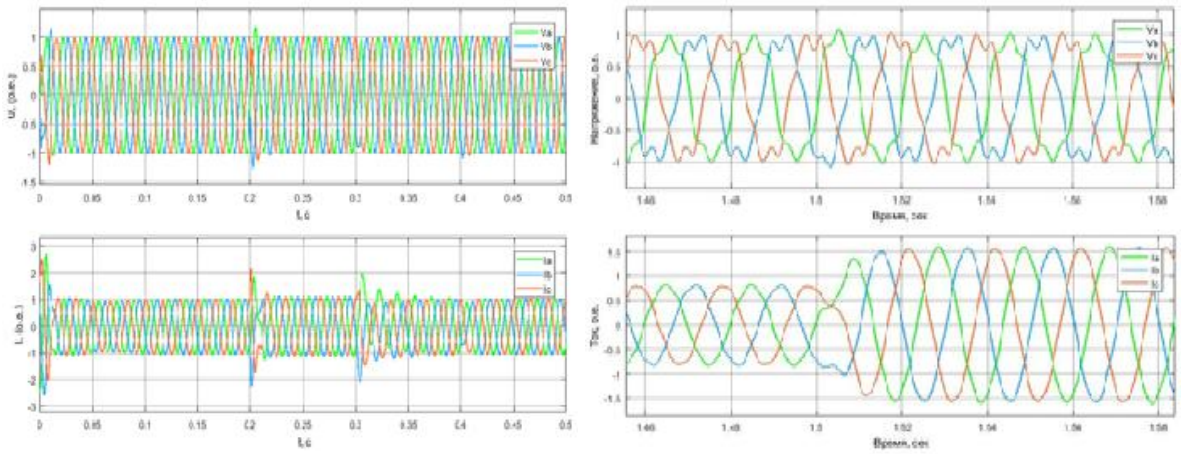
а б

Рис. 4. Результаты моделирования САФ при нормальных условиях (НУ)
при несимметрии (а) и искажении напряжений (б)



а б

Рис. 5. Результаты моделирования АВН при НУ при несимметрии (а)
и искажении напряжений (б)



а б

Рис. 6. Результаты моделирования статического компенсатора при НУ при несимметрии (а) и искажении напряжений (б)

По данным полученным при моделировании были найдены основные показатели качества энергопотребления исследуемых систем и составлены табл. 1–3.

Таблица 1. Показатели качества энергопотребления при НУ

	НУВ при НУ	АВН при НУ	АСФ при НУ
$K_{\text{мощности}}$	0,94	0,99	0,99
$K_{\text{сдвига}}$	0,99	0,99	0,99
$K_{\text{искажения}}$	0,95	0,99	0,99
$K_{\text{несимметрии}}$	1	1	1

Таблица 2. Показатели качества энергопотребления при несимметрии и искажении напряжения

	НУВ при несимметрии и искажении напряжения	АВН при несимметрии и искажении напряжения	АСФ при несимметрии и искажении напряжения
$K_{\text{мощности}}$	0,85	0,93	0,95
$K_{\text{сдвига}}$	0,99	0,99	0,99
$K_{\text{искажения}}$	0,92	0,98	0,99
$K_{\text{несимметрии}}$	0,92	0,95	0,96

Таблица 3. Показатели качества энергопотребления статического компенсатора в различных условиях

	Статический компенсатор при НУ	Статический компенсатор при искажениях напряжения	Статический компенсатор при несимметрии напряжения	Статический компенсатор при несимметрии и искажениях напряжения
$K_{\text{мощности}}$	0,97	0,90	0,90	0,86
$K_{\text{сдвига}}$	0,97	0,97	0,98	0,98
$K_{\text{искажения}}$	0,99	0,92	0,99	0,94
$K_{\text{несимметрии}}$	0,99	0,99	0,92	0,92

В ходе данной работы было произведено исследование электромагнитных процессов в корректорах коэффициента мощности на базе активных преобразователей: САФ, АВН, статических компенсаторов.

Были разработаны модели САФ, АВН и статического компенсатора в пакете MATLAB/Simulink и произведен синтез систем управления ими. Полученные данные говорят о том, что в условиях несимметрии и искажения фазных напряжений показатели энергопотребления данных систем снижаются, однако они не теряют своей работоспособности и продолжают частично компенсировать неактивные составляющие мощности.

Литература

1. Борисов П.А., Поляков Н.А., Томасов В.С. Энергетическая совместимость полупроводниковых преобразователей систем электропривода с питающей сетью. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 112 с.
2. Поляков Н.А., Борисов П.А., Киреев А.А. Моделирование системы управления активным выпрямителем напряжения с преобразованием координат // Изв. ТГТУ. – 2010. – Т. 2. – № 3.– С. 59–64.
3. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-Simulink. Учебник. – СПб.: Лань, 2013. – 448 с.



Кузьмин Константин Сергеевич
Год рождения: 1993
Физико-технический факультет, кафедра физики,
группа № В4225
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: kostyan05@gmail.com

УДК 681

МЕТОДЫ ТЕПЛОВОЙ БАЛАНСИРОВКИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Кузьмин К.С.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.

Целью работы является разработка методики тепловой и гидравлической балансировки зданий и сооружений. Достижение поставленной цели требовало решения следующих задач:

– провести анализ систем отопления зданий и сооружений;
– получить расчетные соотношения, используемые при тепловой и гидравлической балансировке зданий;
– разработать алгоритм и программу расчета для балансировки зданий и сооружений;
– привести примеры расчета.

Под гидравлической балансировкой понимаем перераспределение расходов теплоносителя в отопительной системе с целью выравнивания температурного градиента в отапливаемом объекте. В данной работе гидравлическая балансировка базируется на структурированных схемах сетей теплоснабжения, основным элементом которой является модуль отопительной системы.

Предполагается, что сложная система состоит из подобных модулей, которые иерархически могут располагаться на разных уровнях. Например, распределение теплоносителя по теплообменным аппаратам (нагрузкам) – модуль первого уровня; распределение теплоносителя от теплообменника по коллекторам (нагрузкам) – модуль второго уровня; распределение теплоносителя от коллектора по стоякам (нагрузкам) – модуль третьего уровня и так далее. Если внутри модуля расход теплоносителя между нагрузками равный, то такой модуль можно назвать сбалансированным, но это не будет означать, что величина расхода является проектной. Каждому модулю присвоен отдельный клапан-партнер, регулируя расход в котором, можно пропорционально изменить расход по всем отдельным нагрузкам. Заметим, что при структурированном строении сети, клапан-партнер может быть составной частью еще одного вышестоящего модуля, состоящего из таких клапанов-партнеров более высокого уровня.

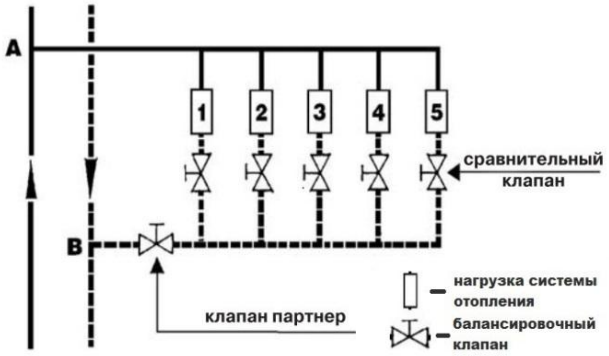


Рис. 1. Модуль отопительной системы

Перепад давлений между точками A и B (рис. 1) обеспечивает расход теплоносителя. Если давление на подающем или обратном трубопроводе будет переменным, то расходы на различных участках модуля будут изменяться в равной степени, что не повлечет за собой нарушение баланса. Однако если произойдет изменение расхода внутри модуля (на отдельных нагрузках), то условие баланса будет нарушено. Например, закрытие клапана 3 повлечет за собой заметное увеличение расхода на 4 и 5 нагрузке, величина которого будет зависеть от количества нагрузок и объемов проходящего теплоносителя. Однако, на общую сеть закрытие клапана 3 не окажет существенного влияния. Из вышесказанного следует вывод, что изменения внутри модуля не влекут за собой значительных изменений в системе в целом, но сильно влияют на расходы отдельных нагрузок. Необходимо, в рамках модуля достичь проектного распределения расхода между отдельными нагрузками. При регулировке балансировочного клапана будет меняться перепад давлений и в рамках одного модуля все перепады будут обратно пропорциональны величине гидравлического сопротивления нагрузки.

Выполнение гидравлической балансировки необходимо проводить на основе теплового и гидравлического расчета сооружения. Анализ теплопотребления сооружения позволяет оценить потери тепловой энергии во всем объеме здания и равномерно распределить поступающую тепловую энергию. Гидравлический расчет в конечном итоге позволит установить сопротивления участков трубопроводов, а так же подобрать необходимые клапаны с положением их настройки.

Со временем эксплуатации сооружения, величина потребления тепловой энергии может измениться. Это зависит от степени отложения коррозии в трубах, изношенности ограждающих конструкций, внутренних изменений в системе отопления. Множество сооружений старой постройки не имеют энергетических

паспортов и выполнение теплового расчета сооружения будет являться необъемлемой частью балансировки таких сооружений.

Уравнение теплового баланса сооружения записывается как:

$$Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} = Q_{\text{СО}} + Q_{\text{быт.приб.}} + Q_{\text{ч}},$$

где $Q_{\text{огр}}$ – теплота, уносимая через ограждения, Вт; $Q_{\text{инф}}$ – теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт; $Q_{\text{СО}}$ – теплота, поступающая от системы отопления, Вт; $Q_{\text{быт.приб.}}$ – теплота, выделяемая бытовыми электроприборами, Вт; $Q_{\text{ч}}$ – теплота, выделяемая человеком, Вт.

При выполнении гидравлического расчета приняты следующие условия:

– для расчета стояков будет применена верхняя разводка с магистральных трубопроводов для стояков;
– сопротивление нагрузок на время балансировки постоянно;
– перепады температур поддерживаются постоянными;
– гидравлический расчет модуля основывается на известной заданной величине расхода в системе, взятого из договорных нагрузок и подкрепленного тепловым расчетом системы, сводится к распределению расходов циркулирующего теплоносителя по нагрузкам.

Применяемые расчетные выражения используются в гидравлическом расчете по методу характеристик сопротивлений.

Подразумевается, что нарушен баланс модуля, поэтому проектируемые сопротивления не соответствуют действительности. Сопротивления вертикальных нагрузок для стояков при однотрубной системе находятся по формуле:

$$S_{\text{н}} = A\left(l_{\text{н}} {}^{\lambda}\!/_{d} + \sum \zeta\right) = A\zeta_{\text{пр}},$$

где S – характеристика сопротивления измеряемого участка, Па/(кг/ч^2); A – удельное динамическое давление, Па/(кг/ч^2); ${}^{\lambda}\!/_{d}$ – приведенный коэффициент трения определяется из таблицы; $l_{\text{н}}$ – длина участка, м; $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на нагрузке.

После того как найдены все сопротивления нагрузок модуля, необходимо найти перепады температур на нагрузках разбалансированной системы. Подставив перепады температур и расчетные тепловые затраты нагрузки в выражение:

$$G_{\text{н}} = \frac{\sum Q_i}{c\Delta t_{\text{с}}},$$

где $\sum Q_i$ – сумма тепловых нагрузок расчетного участка, ккал/ч; получим текущие расходы теплоносителя через нагрузки в исследуемом модуле. В экспериментальных условиях для нахождения расхода в нагрузке, можно воспользоваться ультразвуковым расходомером; где $G_{\text{н}}$ – расход теплоносителя по нагрузке модуля, кг/ч; c – теплоемкость воды, принимаемая равной 1 ккал/(кг·°С); $t_{\text{с}} = t_{\text{п}} - t_{\text{о}}$, $t_{\text{п}}$ – температура теплоносителя на подаче в участок, °С; $t_{\text{о}}$ – температура охлажденного теплоносителя после участка, °С.

Зная сопротивление участка и расход, можно найти перепад давлений на исследуемой нагрузке

$$\Delta P_{\text{н}} = S_{\text{н}} G_{\text{н}}^2.$$

Перепад давлений будет определяющей величиной для подбора клапана и его настройки.

Указанные расчетные выражения актуальны для расчета однотрубной вертикальной системы теплоснабжения.

Балансировочный клапан имеет характеристику пропускной способности, которую можно найти из формулы

$$k_v = G/(10\Delta P_{\text{н}})^{0,5}.$$

Определяющей характеристикой клапана является его диаметр, который соответствует диаметру трубопроводов в исследуемой системе.

Чтобы не возникло проблем с появлением посторонних звуков при работе клапана необходимо для конкретной выбранной модели соблюдать условия отсутствия кавитации, и при необходимости проводить дополнительные расчеты.

Расчетная часть позволяет найти нагрузку с наибольшим гидравлическим сопротивлением и соответственно большим перепадом давлений. Эта нагрузка и будет сравнительной. В ней не требуется создавать дополнительное сопротивление и клапан должен быть открыт. Однако для остальных нагрузок необходимо создать дополнительную величину гидравлического сопротивления, путем регулировки балансировочного клапана на величину разницы перепадов давления между регулируемой нагрузкой и сравнительной [1–3].

Для выполнения наиболее точной балансировки необходимо провести несколько итераций балансировки модуля.

Для упрощения расчетов разработана программа, реализующая вычисление гидравлических сопротивлений для трех разных схем систем отопления: для систем с естественной циркуляцией, вертикальной двухтрубной и однотрубной системы. Программа написана с использованием двух языков программирования Kotlin и Java, а так же скомпилирована и собрана с использованием системы сборки Gradle.

Запустив программу, пользователь увидит следующий интерфейс (рис. 2).

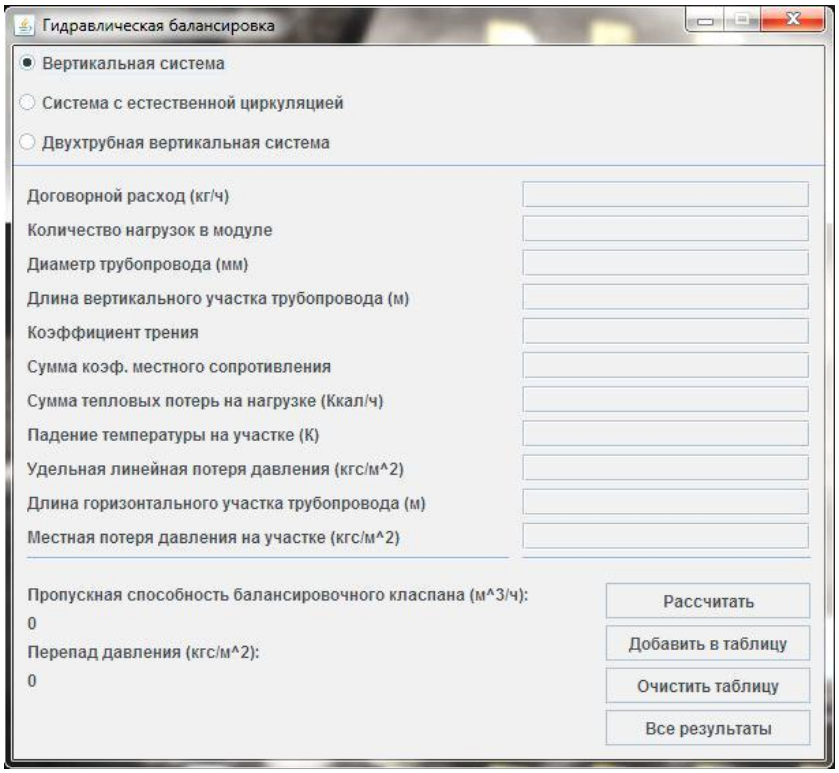


Рис. 2. Интерфейс программы

В интерфейсе пользователю предоставляется возможность выбрать нужный ему способ расчета сопротивлений и ввести соответствующие выбранному способу данные для расчета. После ввода данных пользователю предоставляется возможность получить результаты расчета путем нажатия на кнопку «Рассчитать». При этом в левой нижней части графического интерфейса программы появятся два рассчитанных значения пропускной способности требующегося клапана и текущий перепад давления на нагрузке (рис. 3).

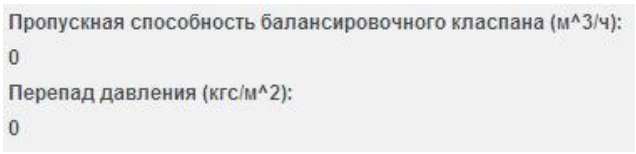


Рис. 3. Результат расчета нагрузки модуля

После этого, пользователь может по желанию добавить расчеты в таблицу, нажав на кнопку «Добавить в таблицу», для сравнения перепада давлений и получения необходимых установок регулирующего. Далее пользователь может скорректировать введенные данные для новых расчетов, которые в свою очередь тоже может в последствие добавить в таблицу. После нескольких расчетов, пользователь может ознакомиться с сохраненными в таблице результатами, нажав на кнопку «Таблица». При этом в программе открывается новое окно, в котором отображена таблица со следующими данными: пропускная способность балансировочного клапана, перепад давлений на нагрузке, требующаяся установка балансировочного клапана.

Литература

1. Пилипенко Н.В. Энергетическое обследование зданий и сооружений. Энергоаудит. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 72 с.
2. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.
3. Манюк В.И., Каплинский Я.И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник. – М.: Стройиздат, 1988. – 430 с.



Курносова Виктория Владимировна
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности, группа № А4232
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail: kurnsem1711@rambler.ru

УДК 338.04+504.06

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИВОВАРЕННОЙ ОТРАСЛИ

Курносова В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Современный уровень развития российской пищевой промышленности и состояние ее сырьевой базы требуют новых подходов к проблеме использования ресурсов. Повышение ресурсной эффективности напрямую способствует снижению антропогенной нагрузки на биосферу за счет сокращения расхода природного газа, электроэнергии, воды и экономии сырья и материалов на производство единицы продукции. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) позволит максимально использовать ценные компоненты сырья, а также исключать или

снижать экологический ущерб с одновременным получением экономических результатов.

Целью работы являлось изучение современной базы европейских нормативных и справочных документов в области НДТ, а также анализ подтверждения соответствия технологий производства пива, используемых на российском пивоваренном предприятии требованиям НДТ.

Общепризнанной и наиболее совершенной системой в области НДТ является система природоохранного законодательства, принятая Европейским Сообществом [1].

Основным регламентирующим документом в ЕС была принята Директива 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и контроле загрязнения (окружающей среды)».

Основным принципом природоохранного законодательства ЕС, предусмотренным Директивой 96/61/ЕС, является постоянное снижение степени воздействия на окружающую среду. В целях создания равновесия между требованиями минимизировать загрязнение и реальными техническими возможностями Директивой предусмотрено механизм расчета показателей воздействия на основе НДТ [1].

Показателями эффективности перехода предприятия на применение НДТ будет являться технологический норматив предприятия, т.е. его удельный показатель, который представляет собой удельный показатель выбросов/сбросов, т.е. количество поступающих в окружающую среду загрязняющих веществ, выраженное в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии [2].

В табл. 1 представлены уровни потребления энергетических и сырьевых ресурсов по пивоваренному предприятию в целом. Также для упрощения восприятия информации приводятся удельные показатели потребления [3].

Таблица 1. Уровни потребления ресурсов пивоваренного предприятия

Вид ресурсов	Общее количество, ед. изм./год	Удельный показатель, ед. изм./гл продукции
Расход воды, гл/год	11 088 290,0	2,6
Электроэнергия, кВт·ч/год	49 759 921	9,59
Тепловая энергия, кВт·ч/год	106 981 542,3	24,15
Сжатый воздух, $нм^3$/год	17 383 355,0	4,08
CO_2, кг/год	7 384 658,3	1,73
Холод, кВт/год	32 533 647,0	7,63
Зерно, т/год	113 518,9	0,027
Прочие зернопродукты, т/год	28 379,7	0,007

В Федеральном законе № 219 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» определено, что при осуществлении производственного экологического контроля измерения выбросов, сбросов загрязняющих веществ в обязательном порядке производятся в отношении загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного процесса на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду (маркерные вещества).

В результате обобщения данных, полученных в ходе анализа, с учетом имеющихся внедренных аналитических методов определения, методик анализа и

соответствующего набора фактических данных (приемлемого для статистической обработки), а также выделения из перечня характерных только для данной технологии веществ, был сформирован список маркерных веществ, характерных для пивоваренного производства (табл. 2 и 3) [4, 5].

Перечень маркерных веществ, представленный в табл. 2, 3 может быть принят во внимание при составлении справочника «Производство продуктов питания» НДТ № 44.

Таблица 2. Перечень маркерных веществ по выбросам

Эмиссия	Вещество	Количество, т/год
Выбросы	Пропан-2-ол (Спирт изопропиловый)	0,23358
	Этанол (Спирт этиловый)	5,069673
	Ацетальдегид	0,553458
	Уксусная кислота	0,549635
	Пыль зерновая	1,980051

Таблица 3. Перечень маркерных веществ по сбросам

Эмиссия	Вещество	Концентрация, мг/дм^3
Сбросы	Взвешенные вещества	7,25
	ХПК	30
	БПК5	4
	Сухой остаток	1000
	Фосфор фосфатов	0,2
	Азот аммонийный	0,4
	Хлориды	300

В качестве общей меры оценки потребления природных ресурсов в производстве пива была применена концепция «материального следа» или материального входа на единицу продукции (MIPS). Исследование материального следа или материалоемкости используется для расчета любой хозяйственной деятельности, связанной с производством и потреблением.

Результаты расчета материалоемкости представлены в табл. 4.

Таблица 4. Сравнительная оценка ресурсоемкости на основе MIPS

Подразделение	Ресурсоемкость, кг на выпуск 1 кг пива					
	Абиотические ресурсы	Биотические ресурсы	Истощение почв	Потребление воды	Загрязнение воздуха	Итого MIPS
Цех пивопроизводства	0,34	0,56	173,29	9,96	0,11	184,26
Основное производство	0,02	0,00	0,00	0,26	0,01	0,3
Цех розлива	0,07	0,00	0,00	1,14	0,03	1,25
Общие потребители	0,12	0,00	0,00	2,46	0,02	2,61
Непроизводственное потребление	0,34	0,00	0,00	4,14	0,13	4,61
Всего:	0,89	0,56	173,29	17,96	0,3	193,03

Самый высокий показатель MIPS достигается в цехе пивопроизводства в результате большой ресурсоемкости за счет истощения почв.

Углеродный след характеризует количество выбросов парниковых газов, произведенных косвенной или прямой деятельностью человека, организацией, предприятием, жизненным циклом произведенной продукции. Расчет углеродного следа осуществлялся в соответствии с двумя методиками: – по Международной методике инвентаризации выбросов парниковых газов (Методика 1) и по Методическим указания определения объема выбросов парниковых газов в РФ (Методика 2).

Результаты расчета углеродного следа представлены в табл. 5 и на рисунке.

Таблица 5. Углеродный след технологии

	Методика 1		Методика 2	
Подразделение	Углеродный след, т/год	Удельный углеродный след, т/гл	Углеродный след, т/год	Удельный углеродный след, т/гл
Цех пивопроизводства	49 560,03	0,012	8 388,36	0,00197
Основное производство	7 604,80	0,002	1 287,17	0,0003
Цех розлива	23 486,09	0,0055	3 975,17	0,0009
Общие потребители	26 130,56	0,0061	4 422,77	0,001
Непроизводственное потребление	108 041,30	0,025	18 286,68	0,004

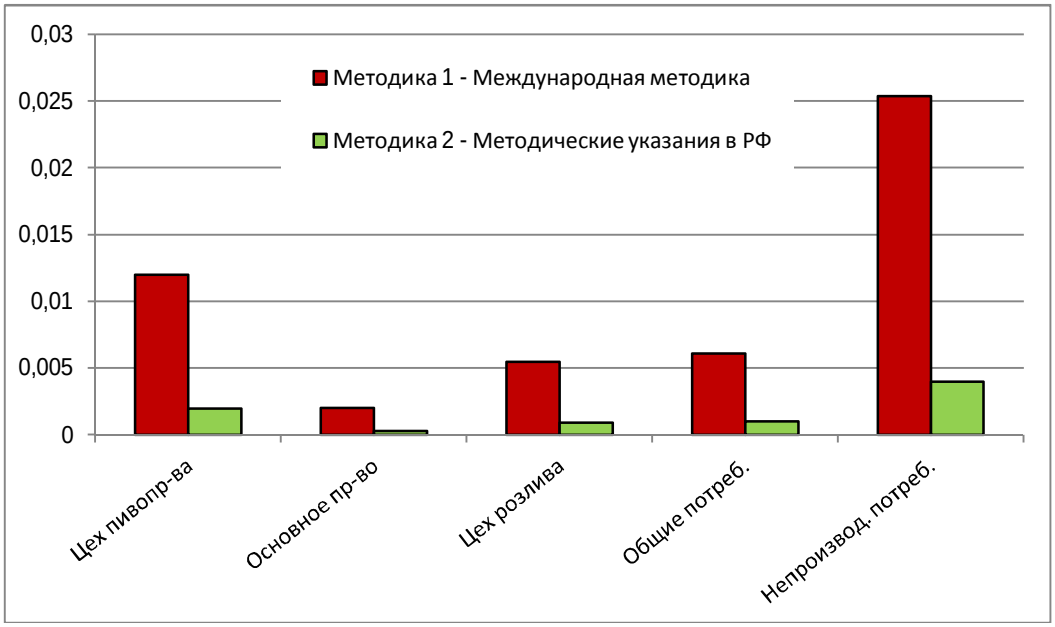


Рисунок. Расчет углеродного следа

На основе полученных данных можно сделать вывод, что наибольший показатель углеродного следа достигается за счет непроизводственного потребления за счет процессов транспортировки и сушки пивной дробины.

В целях изучения варианта более экономически эффективного использования отходов производства была рассмотрена биогазовая установка на пивной дробине.

В ходе реализации мероприятия образуется экономия за счет сокращения потребления энергии и выпуска продукции из вторичных ресурсов. Сумма годовой экономии представлена в табл. 6.

Таблица 6. Чистая годовая экономия

Мероприятия	Текущая ситуация		После мероприятия		Экономия	
	Коли-чество	Сумма, тыс. руб.	Коли-чество	Сумма, тыс. руб.	Коли-чество	Сумма, тыс. руб.
Сокращение потребления природного газа, тыс. $м^3$/год	3757,034	21594,64	2585,97	14863,62	1171,06	6731,016
Сокращение потребления электроэнергии, тыс.кВт/год	49759,92	143308,6	48696,53	140245,99	1063,39	3062,578
Сокращение водопотребления, тыс. $м^3$/год	1108,829	5488,703	1102,106	5455,424	6,723	33,279
Сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, т/год					109,64	5,816
Выработка энергии: – электрическая, тыс. кВт/год – тепловая, тыс. кВт/год					9855 13797	28382,4 19177,83
Получение твердых биоудобрений					19, 71	97761,6
Получение жидких биоудобрений					28,032	6951,936
Продажа пивной дробины, т/год					–16,969	–22059,31
Эксплуатационные затраты	–8 841,654					
Итого:	131 205,491					

Для оценки эффективности внедрения биогазовой установки на отработанной пивной дробине были рассчитаны показатели рентабельности (табл. 7).

Таблица 7. Экономические результаты внедрения биогазовой установки

Показатель	Значение
Сумма инвестиций, тыс. руб.	90 868
Чистая годовая экономия (B), тыс. руб.	131 205,491
Простой период окупаемости ($Т_{ок}$), года	0,69
Чистый дисконтированный доход (NPV), тыс. руб.	421 320,07
Динамический период окупаемости ($Т_{дин}^{ок}$), года	0,55
Индекс доходности проекта (PI)	4,64
Внутренняя норма прибыли (IRR), %	34
Точка безубыточности производства биогаза: – объем производства биогаза, $м^3$; – количество пивной дробины, т/сут; – коэффициент запаса, %	 9 300 155 31

На основе рассчитанных показателей проект признан рентабельным и рекомендован к внедрению.

Литература

1. Королева Е.Б., Жигилей О.Н., Кряжев А.М., Сергиенко О.И., Сокорнова Т.В. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы. – СПб., 2011. – 125 с.
2. Ребрик И.И., Кочешков А.Ю., Борисовская И.А. Наилучшие доступные технологии: планы и реальность. Концепция перехода к нормированию негативного воздействия на окружающую среду на основе наилучших доступных технологий // Эко-бюллетень ИнЭкА. – 2009. – № 3(134).
3. Годовой отчет о потреблении энергоносителей «Балтика-Санкт-Петербург». – 2016.
4. Проект предельно допустимых выбросов завода «Балтика-Санкт-Петербург». – 2014.
5. Сведения о нормативах допустимых сбросов и требованиях к составу и свойствам сточных вод, установленных для абонента. – 2015.



Курочкина Полина Вадимовна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: Linkasun@mail.ru

УДК 621.397.13

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВИДЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ

Курочкина П.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Рыжова В.А.

В соответствии с Федеральным Законом Российской Федерации от 28.10.2010 № 390-ФЗ «О безопасности», под термином «безопасность» подразумевается состояние защищенности личности, общества или государства, при котором все жизненно важные интересы выступают в качестве объектов защиты от внешних и внутренних угроз [1]. Основной **целью работы** является исследование основных принципов построения системы видеомониторинга социально значимых городских объектов, а также разработка структуры и режима функционирования автоматизированной системы, обеспечивающей прием информации о состоянии объектов мониторинга, ее обработку, запись и передачу в экстренные службы реагирования. В работе произведен анализ требований к параметрам современных систем, которые будут учитывать режим и условия их работы, а именно: скорость передачи данных, интерфейс и протокол связи, требования к питанию, время работы и температурный режим. Дополнительно будут рассмотрены пути повышения эффективности существующих систем видеонаблюдения.

Повсеместное использование систем видеонаблюдения оказывает значительную поддержку в предотвращении преступлений и фактов антиобщественного поведения в таких часто посещаемых местах как вокзалы, городские площади, торговые центры и другие социально значимые объекты массового скопления людей.

Представленная работа ставит перед собой следующие задачи:

- изучение основных принципов и требований к построению систем городского видеонаблюдения в рамках комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов социальной инфраструктуры;
- проектирование и разработка режима функционирования системы видеомониторинга с возможностью интеграции существующего оборудования в современную сетевую архитектуру;
- поиск методов, способных повысить качество и функционал существующих систем видеомониторинга.

С точки зрения новизны данная работа представляет особый интерес в качестве методического пособия по усовершенствования существующих систем, а также может выступать в качестве сборника критериев для оценки эффективности производимого видеомониторинга. В связи с узкой направленностью сфера деятельности по услугам видеомониторинга считается очень востребованной. Однако информация в свободном доступе о данных системах, носящая научную ценность, а именно исследования и разработки, практически отсутствует, что делает работу особо ценной и актуальной.

На сегодняшний день большинство крупных городов оснащены системами мониторинга. В основном, такие системы предназначены для визуального наблюдения за охраняемыми объектами с помощью видеокамер. Запись получаемой информации происходит в режиме реального времени с возможностью хранения данных в видеоархиве с функцией просмотра и поиска требуемой информации. С развитием технологий, роль систем видеомониторинга не ограничивается одним только наблюдением, а приобретает множество дополнительных функций, которые помогают все плотнее внедряться во все сферы жизнедеятельности современного общества. В связи с этим, представляется актуальным проведение систематического исследования существующих систем видеонаблюдения. Впоследствии, на основании исследования, возможна разработка перспективного плана по модернизации системы путем интеграции в современную сетевую архитектуру для получения и обработки видеоинформации более высокого качества.

Практическая значимость работы заключается в том, что представленные в работе результаты исследований открывают возможность создания новейшей интегрированной видеоинформационной системы мониторинга социально значимых объектов на основе IP-решений, максимально используя все преимущества данного подхода к решениям задач по обеспечению безопасности.

Интегрированные интеллектуальные видеоинформационные системы мониторинга предназначены для обеспечения безопасности социально значимых объектов по средствам непрерывного мониторинга территориально распределенных объектов, например, интеллектуальное наблюдение за уязвимыми элементами; обнаружение веществ, представляющих угрозу; контроль систем обеспечения жизнедеятельности [2].

Такие системы видеомониторинга рассматриваются как автоматизированные системы обеспечения безопасности. Главная задача состоит в сборе и обработке данных с целью оценки текущей обстановки целостности и безопасности объектов инфраструктуры, состояния окружающей среды, а также разработка различных организационно-технических решений и мероприятий для ограждения и восстановления объектов при аварийных и чрезвычайных ситуациях. На всех уровнях системы видеонаблюдения должно обеспечиваться решение в реальном масштабе времени.

В качестве проектируемой системы выбрана система IP-видеонаблюдения.

Важно понимать, что схема построения системы видеонаблюдения напрямую зависит от технического задания, с подробным описанием целей, задач, а также условий работы системы. Для проектируемой видеоинформационной системы мониторинга выбрана распределенная система видеонаблюдения.

Архитектура такого типа системы видеонаблюдения считается надежной за счет работы по сети интернет с использованием схемы построения с локальными серверами, изображение с которых транслируется на центральный сервер.

При разработке системы для социально-значимого объекта планируется установка оборудования, отвечающего самым современным требованиям к цифровым (компьютерным) системам видеонаблюдения, позволяющим создавать большие распределенные системы, объединенные в единую сеть городского масштаба.

Разработан испытательный стенд (рис. 1) для проведения экспериментальных исследований системы видеонаблюдения, а также его геометрическая проекция для дальнейшего габаритно-энергетического расчета (рис. 2). Задачей расчета является получение исходных данных для дальнейшего выбора оптического компонента системы видеонаблюдения (объектива). В работе были рассмотрены три объектива с фокусными расстояниями 3,6 мм, 6 мм и 16 мм.



Рис. 1. Испытательный стенд

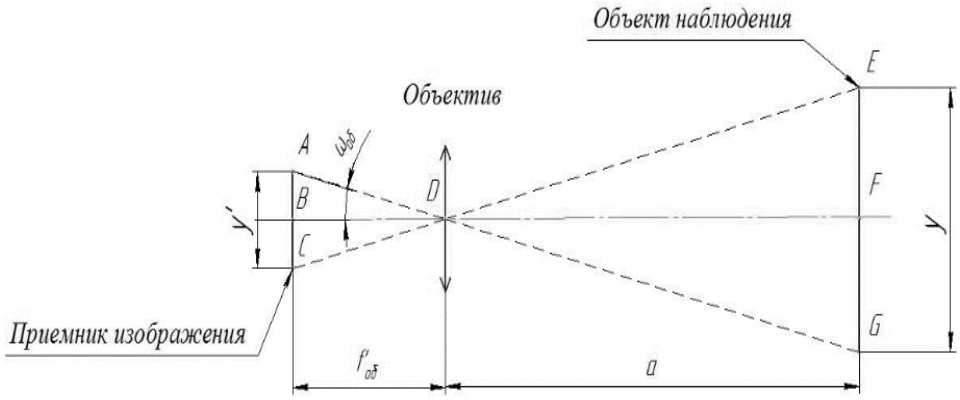


Рис. 2. К расчету фокусного расстояния

В результате расчета доказано, что рассматриваемые объективы удовлетворяют условиям габаритно-энергетического расчета.

Целью проведения экспериментальных испытаний является оценка качества изображения, полученного с помощью, используемой в проектируемой системе IP-видеокамеры IPTRONIC-IPC720B2.

Получение качественного изображения является важным атрибутом при функционировании системы безопасности. При выборе оборудования особое внимание уделяется критериям качества, таким как разрешающая способность и контраст. Разрешающая способность является одной из основных характеристик телевизионной камеры, для ее определения были разработаны специальные методики измерений, а также использовались различные испытательные таблицы с вертикальными штрихами или расходящимся клином [3].

Для обработки данных, полученных при исследовании, в данной работе используется программа Quick MTF [4].

Алгоритм исследования заключается в реализации трех основных этапов:

1. выполняются поиск и сканирование фрагментов с наклонной кромкой с дальнейшим усреднением линий по всем фрагментам с выравниванием по нулевой интенсивности. На выходе получаем функцию рассеивания кромки;
2. берется первая производная от функции рассеивания кромки. На выходе получаем функцию рассеивания линии;
3. применяется дискретное преобразование Фурье к функции рассеивания линии. На выходе получаем функцию передачи модуляции.

Объектом съемки является тестовая таблица ISO 12233 (рис. 3). Тестовая таблица содержит фрагменты с наклонной кромкой (slanted-edge).

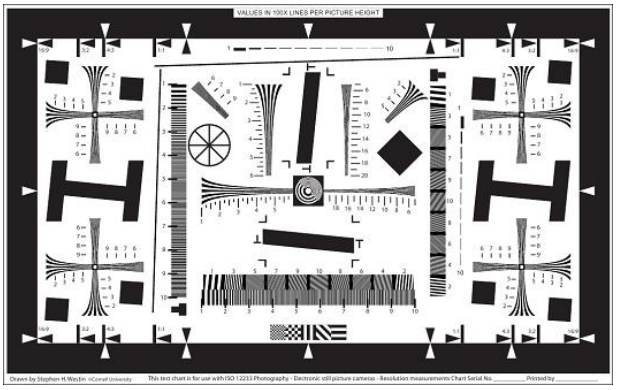


Рис. 3. Тестовая таблица ISO 12233

В результате тестирования получены графики (рис. 4).

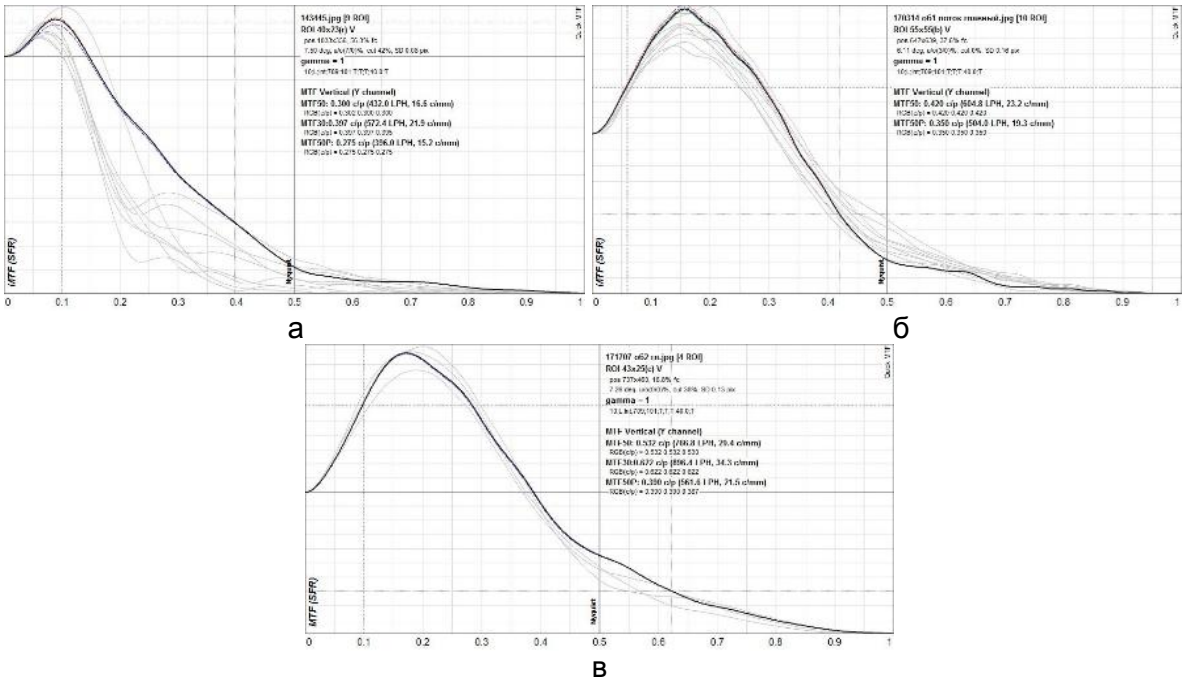


Рис. 4. Результат тестирования главного потока: MTF для штатного объектива (а); MTF объектива AVL-3M06BIR (б); MTF объектива AVL-3M16BIR (в)

Таким образом, при проведении испытаний с различными объективами на основе полученных данных, для проектируемой видеоинформационной системы мониторинга социально значимых объектов выбираем объектив AVL-3M16BIR [5].

Также отметим ряд преимуществ методики исследования качества изображения на основе анализа фрагментов снимка телевизионной камеры с наклонной кромкой:

1. объективность характеристик за счет исключения человеческого фактора в процессе проведения измерений;
2. получение характеристик законченного и готового к эксплуатации изделия в виде связки видеокамера + объектив;
3. получение информации о разрешающих способностях камеры при любых уровнях модуляции.

В ходе работы были решены поставленные задачи и получены следующие результаты:

1. проведено исследование основных принципов построения системы видеомониторинга, на примере социально-значимого объекта;
2. разработана структура и режим функционирования автоматизированной системы, обеспечивающей прием информации о состоянии объектов мониторинга, ее обработку, запись и передачу в экстренные службы реагирования;
3. в работе произведен анализ требований к параметрам современных систем, учитывающий режим и условия их работы;
4. рассмотрены пути повышения эффективности существующих систем видеонаблюдения;
5. описаны основные принципы и требования к построению систем городского видеонаблюдения в рамках комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов социальной инфраструктуры;
6. проведен анализ методов, способных повысить качество и функционал существующих систем видеомониторинга;
7. разработаны узлы монтажа видеокамер;
8. сделан габаритно-энергетический расчет;
9. подсчитана сметная стоимость монтажа разработанной системы, а также другие экономические показатели, такие как рентабельность и целесообразность инвестирования денежных средств;
10. проведен анализ и подбор оборудования, необходимый для реализации разработанной системы.

Решение приведенных выше задач, в полной мере позволяет ознакомиться с разработанной системой видеонаблюдения, в том числе оценить ее плюсы и минусы. В данной работе также даны практические указания к строительно-монтажным работам при монтаже данной системы.

Литература

1. Федеральный закон «О безопасности» от 28.12.2010 № 390-ФЗ.
2. ГОСТ Р 56875-2016. Информационные технологии. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Типовые требования к архитектуре и технологиям интеллектуальных систем мониторинга для обеспечения безопасности предприятий и территорий. – Введен 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 40 с.
3. ГОСТ 21815.18-90. Преобразователи электронно-оптические. Метод измерения пространственной частотно-контрастной характеристики. – Введен 01.01.1993. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 18 с.
4. Quick MTF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.quickmtf.com/, своб.
5. Тихомирова О.Г. Управление проектом. Комплексный подход и системный анализ. – М.: Инфра-М, 2017. – 300 с.



Куцуров Антон Вячеславович
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: anton.kutsurov@gmail.com

УДК 681.518.5

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Куцуров А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Яблочников Е.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615863 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

В работе рассмотрена система автоматизированного мониторинга и контроля производственного оборудования, которая создана на базе лабораторий Университета ИТМО. С развитием возможностей производственного оборудования растет потребность в контроле и мониторинге его состояния в реальном времени. Использование систем мониторинга нацелено на повышение эффективности работы предприятия, сохранение стабильности производства, а также предотвращению поломок оборудования. Для этих целей многие промышленные компании стали разрабатывать различные программно-аппаратные средства. Актуальными задачами для таких систем являются: уменьшение энергозатрат на предприятиях, более эффективное использование оборудования (оптимизация циклов холостого хода в процессе изготовления изделий) и, как следствие, достижение большей производительности. Особенно актуально использование таких систем на предприятиях с непрерывным циклом производства [1]. Но, к сожалению, кроме «очевидных» положительных моментов использования подобных систем, есть и отрицательные – сокращение рабочих мест, поскольку для контроля целого цеха оборудования достаточно пары операторов.

Основной **целью работы** является разработка системы автоматизированного мониторинга и контроля оборудования, расположенного на территории лабораторий Университета ИТМО. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести сравнительный анализ систем мониторинга;
2. провести анализ особенностей подключения производственного оборудования;
3. разработать методику подключения оборудования к системе;
4. провести практические испытания системы мониторинга;
5. предложить варианты использования системы мониторинга.

На современных промышленных предприятиях по всему миру используются различные системы мониторинга [2]. В зависимости от особенностей конкретной системы, набор реализуемых функций варьируется. Системы мониторинга являются важной частью интегрированной системы управления предприятием. Получение и сбор данных, можно выделить, как главную функцию для таких систем [3]. Именно SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition), позволяют доставлять данные от групп датчиков на более высокий уровень обработки данных – MES

(системы управления производственными процессами). Для проведения анализа были выбраны следующие системы:

1. FOREMAN;
2. АИС «Диспетчер»;
3. MCIS (Motion Control Information System);
4. MDC-Max;
5. DPA;
6. «НАВИМАН»;
7. Winnum.

На данный момент отечественный и зарубежный рынок насчитывает десятки различных систем мониторинга. В некоторых случаях крупные предприятия разрабатывают такие системы под свои задачи на заказ у сторонних фирм, а иногда, продукт выходит на рынок, развившись из стартапа [4]. Несмотря на это, все системы имеют свои преимущества и недостатки. Одни – специализируются на определенном типе оборудования или системе управления, другие – требуют для подключения специализированные аппаратные средства. Преимуществом системы Winnum является возможность подключения оборудования «напрямую», без использования дополнительных аппаратных средств и работа с большими объемами поступающих данных. Таким образом, на основании результатов проведенного анализа, система мониторинга и контроля была сформирована на базе платформы Winnum.

Winnum – это программный комплекс для промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things-IIoT), который дает возможность проводить удаленный мониторинг и контроль производственных систем [5]. Позволяет проводить диагностику оборудования, формирует отчеты о работе, а также производит автоматизированный сбор и хранение информации, генерируемой в процессе работы оборудования. Для простоты восприятия полученные данные представляются оператору в виде таблиц и диаграмм.

В состав программного комплекса входят три основные части:

1. Winnum Connector – программный код, предназначенный для идентификации сигналов, приходящих с оборудования;
2. Winnum Cloud – облачное хранилище, которое позволяет записывать и хранить поступающие данные;
3. Winnum Platform – программа, отвечающая за настройку подключения оборудования, а также визуальное представление информации оператору.

Внутренняя структура Winnum Platform выстроена по «шаблонному» типу. Процесс подключения оборудования начинается с настройки «шаблона сигналов» – это необходимо для описания физического сигнала, которые зависят от типа подключаемого оборудования. Далее, следует создать «шаблон объекта данных», для выбранного «сигнала». Следующий шаг – необходимо создать «шаблон устройства». И, наконец – формируется «шаблон изделия», с которым связываются все созданные ранее компоненты. Дальнейшая работа заключается в создании и редактировании графических интерфейсов для наиболее удобного отображения процессов на экране персонального компьютера. Настройка интерфейсов производится через специализированное приложение – Winnum SDK.

Мониторинг производится на базе оборудования, входящего в состав опытной производственной системы лабораторий Университета ИТМО. По своей структуре эта система полностью повторяет решения, применяемые на современных предприятиях. Стоит отметить, что используемое оборудование не сосредоточено на одной площадке, а территориально разрозненно, что дает некоторое сходство с традиционными распределенными предприятиями.

Оборудование, входящее в состав системы мониторинга, расположено на нескольких «площадках», на территории лабораторий:

– П-1 – лаборатория интеллектуального технологического оборудования (станков с числовым программным управлением (ЧПУ)) и лаборатория ИТС (интеллектуальных транспортных систем);
– П-2 – лаборатория кафедры ТПС;
– П-3 – лаборатория методов сборки прецизионных приборов (автоматизированной роботизированной сборки);
– П-4 – лаборатория РПМ (роботизированный производственный модуль) (полимерные материалы).

На рис. 1 представлена структурная схема формируемой системы мониторинга.

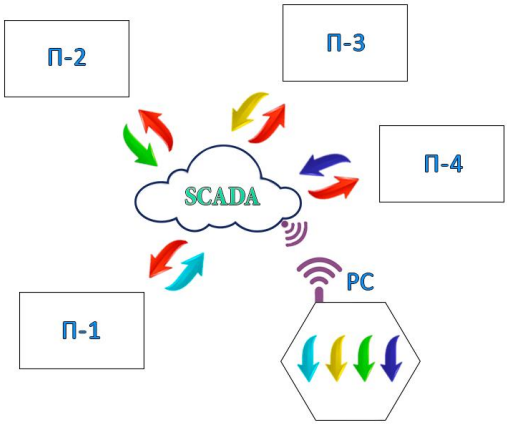


Рис. 1. Схема функционирования системы автоматизированного мониторинга и контроля

Данные поступают от оборудования лабораторий через SCADA-систему на сервер, а далее, передаются на главный компьютер (PC), для вывода на экран. Для проведения исследований и экспериментальных работ используется оборудование различных фирм-производителей: станки с ЧПУ – токарно-револьверный – HAAS SL-10THE, фрезерный HAAS Super Mini Mill, 5-координатный обрабатывающий центр PRIMACON PFM 24; координатно-измерительная машина DEA Global Performance 05.07.05; термопластавтомат Ferromatik Milacron EE30-55; робот-манипулятор Adept и установки аддитивного производства. На территории площадки (П-3) расположена – роботизированная станция автоматизированной сборки с системой сервомоторов, подключенных через контроллер FESTO CPX. На базе лаборатории РПМ (П-4), расположена установка для автоматизированной намотки лент из термопластичных полимерных материалов. В основе данной установки расположен робот-манипулятор, а фиксация ленты в процессе формирования изделия производится лазером.

Для подключения оборудования к системе мониторинга и контроля необходимо учитывать ряд факторов:

– определить контролируемые параметры используемого оборудования;
– особенности подключения оборудования: стандарты и возможные дополнительные аппаратные опции;
– протоколы передачи данных, для используемого оборудования;
– произвести настройку шаблонов в Winnum Platform и выбрать соответствующий коннектор.

В результате настройки системы и интерфейсов в Winnum, была получена принципиальная возможность – видеть результаты работы оборудования в виде графиков загрузки, как показано на рис. 2.

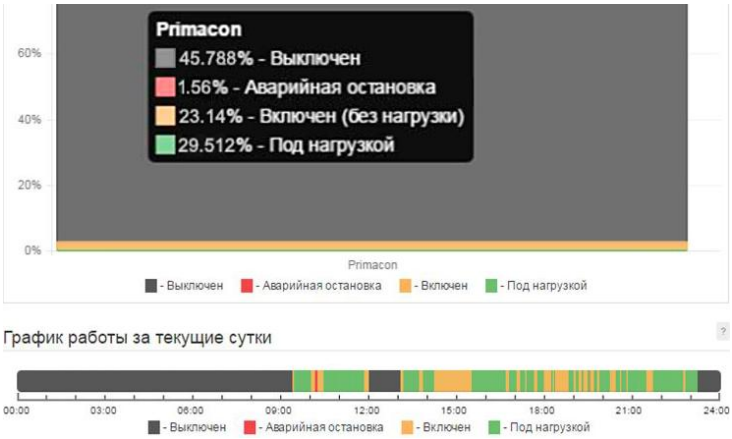


Рис. 2. График загрузки станка PRIMACON PFM 24

Практические испытания показали, что станки дают большие объемы данных и необходимо создание новых алгоритмов для их обработки. К системе мониторинга необходимо предоставить доступ специалистам и руководителям предприятия, но в зависимости от занимаемой должности и функции на предприятии, должны отличатся и предоставляемые графические данные. Так, главному механику – важно знать информацию о необходимости проведения технического обслуживания и ремонта оборудования; Главному технологу – необходимо предоставить данные о качестве управляющих программ, чтобы повысить эффективность использования оборудования; Заместителю директора по производству – важна информация о достижении плановых производственных показателей и т.д.

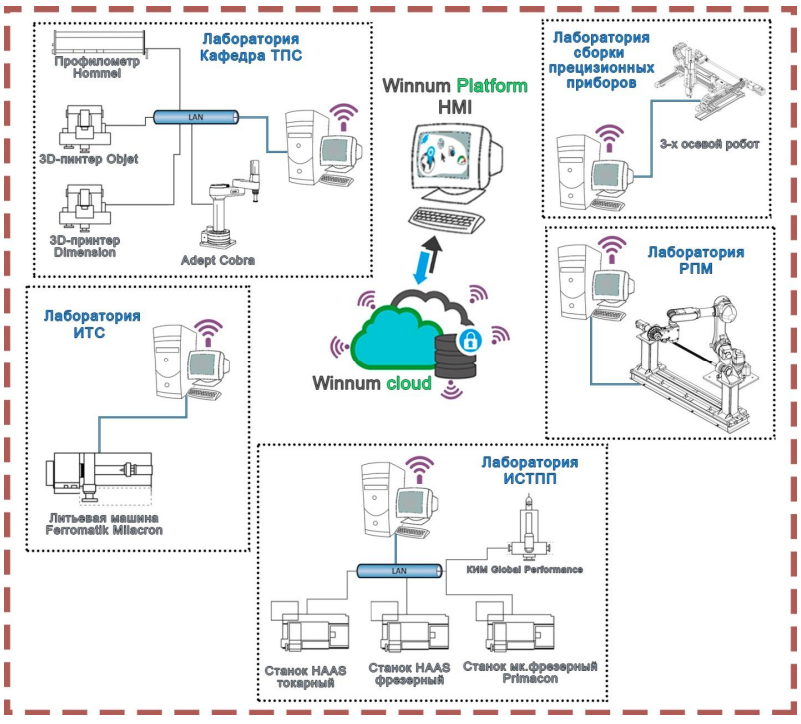


Рис. 3. Структура опытной производственной системы на базе лабораторий Университета ИТМО

Платформа Winnum – продемонстрировала свою эффективность и надежность. Этот программный комплекс имеет широкую палитру возможностей для мониторинга и контроля довольно большого спектра применяемого оборудования. Таким образом, дальнейшие исследования необходимо направить на разработку альтернативных

графических интерфейсов с учетом специфики пользователей системы мониторинга. В результате выполнения данной работы разработана методика создания системы мониторинга производственных комплексов, в состав которых могут входить как отдельные станки с ЧПУ, РПМ, так и готовые производственные решения, типа станции автоматизированной сборки. Сформирована опытная производственная система, которая имеет вид, как представлено на рис. 3.

Стоит отметить, что данная работа является одним из проектов развития направления индустриальных киберфизических систем, в которых SCADA-системы играют очень важную роль. Благодаря накопленному опыту работы с различным оборудованием в лабораториях Университета ИТМО, появится возможность проведения таких проектов на промышленных предприятиях. Развитие систем мониторинга и контроля, позволит еще на одну ступень приблизиться к созданию модели «цифрового производства».

Литература

1. Еременко В.Т. и др. Направления и проблемы интеграции автоматизированных систем управления для предприятий с непрерывным технологическим циклом // Информационные системы и технологии. – 2014. – Т. 83. – № 3. – С. 51.
2. Бычкова А.А. Разработка системы автоматического управления приточной системой вентиляции производственных цехов Ростовской АЭС: дипломный проект. – Томск: ТПУ, 2016.
3. Colombo A.W. et al. Industrial cloud-based cyber-physical systems. – Springer Science & Business Media, 2014. – 245 p.
4. Куркова Ю., Васильев А., Ловыгин А., Степанов В. Системы мониторинга станков с ЧПУ в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sapr.ru/article/25344, своб.
5. Кулагин М.В., Волков И.А. Промышленный интернет на практике: удаленная диагностика станков с ЧПУ с помощью технологии Winnum // CAD/CAM/CAE Observer #6. – 2016. – № 6. – С. 20–25.



Кушнирук Елена Александровна
Год рождения: 1986
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4225
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: elya.7@mail.ru

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ СЫРНОГО ПРОДУКТА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Кушнирук Е.А.
Научный руководитель – к.т.н., ст. преподаватель Белозерова М.С.

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

Одним из перспективных направлений расширения ассортимента в области сыроделия может стать увеличение производства мягких сыров.

Производство мягких сыров не требует создания больших мощностей и позволяет снизить расход молока на их выработку примерно в 1,5 раза. В результате отсутствия длительного созревания сыра ускоряется оборачиваемость средств и сокращаются затраты труда при одновременном снижении всех производственных издержек [1].

Целью работы является разработка рецептуры и технологии сырного продукта с растительными компонентами. Исследована возможность использования сочетания молочной основы с растительными наполнителями профилактические свойства, которых высоко оценены.

Выбор мягкого сыра в качестве ингредиента животного происхождения при создании нового вида молочного продукта обусловлен, в том числе его популярностью в традиционном рационе питания, отличными функциональными свойствами и технологичностью его комбинирования: известны технологии мягких сыров с добавками растительного происхождения.

Для достижения поставленной цели были определены основные задачи исследования:

1. разработать рецептуру сырного продукта;
2. выбрать стадию внесения компонентов на основании изучения технологических свойств сгустков и качества готового продукта при различных способах внесения компонента;
3. отработать технологические режимы внесения компонентов;
4. подобрать оптимальные массовые доли вносимых компонентов;
5. определить показатели качества, рассчитать биологическую ценность разработанного молочного продукта;
6. определить срок годности готового сырного продукта.

На первом этапе исследования, на основании анализа литературных данных в качестве сырья были выбраны молоко сухое обезжиренное, инжир сушеный и гречневая мука.

Сырный продукт вырабатывали по типу свежего сыра без созревания из пастеризованного восстановленного обезжиренного молока путем свертывания его сычужным ферментом без сквашивания.

При разработке технологии сырного продукта на начальном этапе проводили выбор способа внесения инжира в продукт.

Для этого сушеный инжир мыли, измельчали на небольшие кусочки, добавляли в молоко, пастеризовали смесь при температуре 72–76°С с выдержкой 15–20 с, охлаждали до температуры 33±2°С, перемешивали, затем добавляли хлористый кальций в виде 40%-го раствора и 1%-й сычужный фермент. Через 30–35 мин образовывался плотный сгусток, а сыворотка приобрела зеленовато-желтый цвет. Сгусток перекладывали в формы и подвергали самопрессованию в течение 15–20 мин при температуре 18–22°С, а затем прессованию в течение 1 ч. При таком способе внесения инжира в результате проведенных исследований было выявлено, что наиболее крупные кусочки инжира остались на дне, более мелкие оставались в продукте, но при органолептической оценке были довольно твердыми на вкус.

На основании полученных данных было принято решение размягчать и измельчать инжир до пюреобразного состояния. Подготовка инжира включала в себя следующие этапы: мойка, мацерация инжира в течение 2–3 ч при температуре 30–35°С, измельчение в блендере до пюреобразного состояния. Подготовленный таким образом инжир добавляли в молоко до пастеризации.

На втором этапе исследований проводили подбор оптимальной массовой доли пюре инжира, вносимого в продукт. При выработке образцов сырного продукта инжир добавляли в виде пюре в количестве от 5% до 25% с шагом 5% в пастеризованную смесь. В полученных образцах сырного продукта определяли органолептические показатели. Оценку проводили по пятибалльной шкале – 5 (отлично), 1 (очень плохо). Оценивались такие показатели как однородность (равномерность распределения пюре инжира по всему объему готового продукта), вкус, цвет и аромат.

Данные, полученные в результате органолептической оценки образцов сырного продукта с различным содержанием инжира, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты органолептической оценки образцов сырного продукта

Количество вносимого инжира, %	Оценка показателей				Итого
	Вкус	Цвет	Запах	Однородность	
5	3,8	3,8	3,7	4,0	15,3
10	4,4	4,3	4,1	4,6	17,4
15	4,9	4,9	4,5	4,9	19,2
20	4,4	4,4	4,3	4,0	17,1
25	3,1	3,7	3,5	3,0	13,3

На основании проведенных исследований была выбрана оптимальная массовая доля вносимого инжира – 15% в связи с тем, что данный образец оказался лучше по органолептическим показателям.

После выбора массовой доли инжира проводили исследования по подбору наиболее рациональной дозы гречневой муки в продукте. Гречневую муку предварительно растворяли в молоке и пастеризовали смесь, затем добавляли пюре инжира в количестве, выбранном на начальном этапе исследований – 15% охлаждали смесь до температуры свертывания, затем добавляли хлористый кальций и сычужный фермент. Через 30–35 мин образовался плотный сгусток, а сыворотка приобрела коричневатый цвет.

Были приготовлены 5 опытных образцов содержащих от 1% до 5% гречневой муки с шагом 1%.

В процессе приготовления образцов продукта почти вся мука оседала на дно. Причем это наблюдалось при добавлении муки даже в количестве равном 1%. В готовом продукте с содержанием гречневой муки 1% ее привкус практически не ощущался и при органолептической оценке образца определялся только вкус инжира, при этом в образце с массовой долей муки 5% наблюдался излишне выраженный вкус гречневой муки.

По результатам сравнительного анализа образцов сырного продукта с инжиром и образцов, в составе которых содержался как инжир, так и гречневая мука, были получены следующие данные: образцы без гречневой муки по ряду показателей характеризовались более высокой оценкой при органолептическом анализе, за исключением показателя «Цвет», который у образца с гречневой мукой был выше.

Таким образом, было принято решение, что гречневую муку можно использовать в качестве посыпки для готового сырного продукта, что придаст продукту привлекательный внешний вид. Для этого сырный продукт после прессования обваливали в обжаренной, охлажденной до температуры 18–20°С гречневой муке, пока вся поверхность сырного продукта не покроется мукой. Примерный расход муки составил 3–5% к массе готового продукта.

При изготовлении опытных образцов сырного продукта было установлено, что в образцах, содержащих в своем составе инжир процесс сычужного свертывания протекает более интенсивно, на основании чего был сделан вывод, что при приготовлении сырного

продукта на основе обезжиренного молока с добавлением инжира можно использовать меньшее количество сычужного фермента, по сравнению со стандартными количествами, применяемыми при выработке мягких сыров без созревания.

Для обоснования сокращения массовой доли сычужного фермента необходимого при выработке сырного продукта с инжиром, проведено исследование по определению зависимости времени свертывания смеси от массовой доли инжира и количества вносимого сычужного фермента.

Для проведения исследований в пастеризованное восстановленное молоко вносили пастеризованное пюре инжира, тщательно перемешивали, затем добавляли хлористый кальций и сычужный фермент. Также были проведены исследования для контрольного образца без внесения инжира.

Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость времени свертывания молочной смеси от количества сычужного фермента

Количество сычужного фермента, мл	Время свертывания молочной смеси, мин					
	Молоко, контроль	Количество вносимого инжира, %				
		5	10	15	20	25
7	30	28	26	23	20	17
5	34	32	30	27	23	20
3	40	35	34	31	26	23
1	45	39	38	34	30	26

Количество сычужного фермента стандартной активности при проведении исследований варьировали с шагом 2 мл. На основании полученных данных остановились на количестве равном 1 мл, так как дальнейшее уменьшение сычужного фермента стандартной активности увеличивало время свертываемости, а это отрицательно влияло на сгусток, он становился резинистым.

На основании проведенных исследований было установлено, что количество вносимого фермента может быть снижено на 27,5%, при этом, время свертывания молочной смеси составило 31 мин.

Далее была рассчитана биологическая ценность разработанного сырного продукта. Расчетные показатели, характеризующие качественный состав белкового компонента смеси для сырного продукта, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Качественные показатели белковой составляющей продукта

Продукт	КРАС, %	Биологическая ценность, %
Смесь для сырного продукта с инжиром	40,25	59,75

Были определены требования к готовому сырному продукту с растительными компонентами – органолептические и физико-химические показатели. Данные представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4. Органолептические показатели сырного продукта

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	По всей поверхности сыра желтоватая корочка из гречневой муки
Вкус и запах	Кисломолочный, со вкусом инжира, без посторонних привкусов
Консистенция	Неоднородная, ломкая, но не крошливая
Рисунок	Вкрапление частиц инжира по всему тесту сырного продукта
Цвет	Неравномерный, бело-желтый с видимыми частичками инжира

Таблица 5. Физико-химические показатели сырного продукта

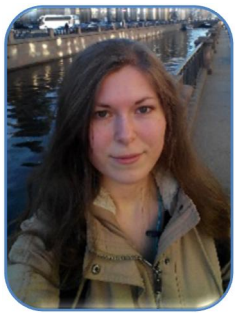
Наименование показателя	Физико-химические показатели
Массовая доля жира, %, не более	1
Массовая доля влаги, %, не менее	62
Кислотность, °Т	250
pH	5,6
Температура при выпуске с предприятия, °С	4±2

Для определения срока годности готового продукта изучали изменения органолептических и физико-химических показателей в процессе хранения. В результате проведенных исследований было установлено, что предполагаемый срок годности сырного продукта составляет 5 суток при температуре 4±2°С. Дальнейшее хранение приводит к снижению органолептических показателей.

В результате проведенных исследований была разработана рецептура и технология сырного продукта, включающая обезжиренное молоко и растительные компоненты – инжир и гречневую муку. Сформулированы требования к готовому продукту и определен срок годности.

Литература

1. Остроумов Л.А., Бобылин В.В. Перспективное направление в производстве сыров // Молочная промышленность. – 1996. – № 6. – С. 4–5.



Латынина Татьяна Андреевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра современных функциональных материалов, группа № В4270
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: melody13@rambler.ru

УДК 539.424

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Латынина Т.А.
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Орлова Т.С.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615862 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия излучения с новыми функциональными, конструкционными и биологическими материалами».

Введение. Проводники на основе алюминия широко применяются в качестве материалов для линий электропередач благодаря высокой электропроводности, хорошей коррозионной стойкости и легкости [1]. Существенным недостатком чистого алюминия является низкая прочность. Повысить прочность можно легированием. Например, сплавы системы Al-Mg-Si широко используются в качестве проводников благодаря хорошему сочетанию прочностных и электрических свойств [1]. Однако сплавы этой системы, как и чистый алюминий, обладают плохой термостойкостью.

Для повышения термостойкости алюминий легируют переходными металлами. Например, легирование цирконием позволяет повысить температуру эксплуатации до 500 К [2]. Дальнейшее повышение прочности, электропроводности и термостойкости алюминиевых сплавов является актуальной задачей, для решения которой в последнее время активно используются методы интенсивной пластической деформации [3].

Целью работы являлось исследование влияния интенсивной пластической деформации и отжигов на микроструктуру, прочностные, электрические свойства и термостойкость алюминия и сплавов на его основе.

Материалы и методики исследования. В качестве материалов исследования были выбраны: технически чистый алюминий чистоты 99,5 мас.%; электротехнический алюминиевый сплав системы Al-Mg-Si (далее сплав Al 6201); термостойкий алюминиевый сплав Al-0,4Zr.

Обработка образцов проводилась: интенсивной пластической деформацией кручением под давлением (ИПДК) и различными отжигами. Исследование микроструктуры было проведено методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и рентгеноструктурного анализа (РСА). Микротвердость была измерена по методу Виккерса, проводили испытания на одноосное растяжение, электрическое сопротивление образцов измеряли четырехточечным методом.

Влияние дополнительной ИПДК и отжигов на технически чистый Al. Образцы технически чистого алюминия сначала подвергались обработке ИПДК на 10 оборотов под давлением 6 ГПа при комнатной температуре (КТ), затем была проведена серия кратковременных отжигов при заданной температуре T_{an} из интервала 363–673 К. Ранее уже был проведен подробный анализ микроструктуры [4, 5], который показал, что после обработки ИПДК образовалась ультрамелкозернистая (УМЗ) структура со средним размером зерна 810 нм и в основном с большеугловыми границами зерен (БУГЗ). Последующий отжиг до 473 К приводит к небольшому увеличению размера зерна, однако большинство границ зерен остаются БУГЗ.

Для образцов Al после обработки ИПДК и после отжигов, а также для образцов в исходном крупнозернистом (КЗ) состоянии были проведены испытания на одноосное растяжение (табл. 1). Продемонстрировано, что у образцов после обработки ИПДК значительно (~ в 4 раза) повышаются условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ и предел прочности σ_{UTS} по сравнению с КЗ образцом, что связано с измельчением зерна, повышением объемной плотности границ зерен и увеличением плотности дислокаций посредством обработки ИПДК. Последующий отжиг УМЗ образцов при температурах 363–473 К приводит к дополнительному упрочнению, однако при этом происходит существенное падение пластичности δ (табл. 1).

Таблица 1. Прочностные характеристики Al после обработки ИПДК и отжигов

Образец	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{UTS}, МПа	δ, %
Al_CG	33	46	38
Al_RT	135±3	184±7	18±2
Al_363	184±18	223±11	14±4
Al_403	185±9	222±8	9±5
Al_423	201±14	237±11	~1
Al_473	203±13	207±13	~1
Al_673	28±1	55±1	42±2

Предыдущие исследования [4] показали, что в результате низкотемпературного отжига УМЗ образцов Al_RT снижается плотность дислокаций, это происходит, по-

видимому, главным образом за счет перестройки структуры ГЗ из неравновесной в более равновесную [5]. Можно предположить, что низкая пластичность объясняется тем, что после отжига значительно уменьшается количество источников подвижных дислокаций. По-видимому, доминирующее количество и неравновесность БУГЗ являются необходимыми условиями для достижения упрочнения УМЗ Al путем низкотемпературного отжига.

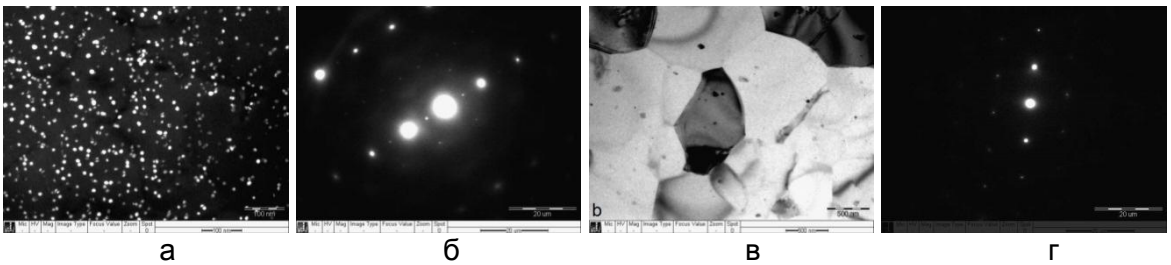
Для увеличения пластичности была предпринята попытка введения новых дислокаций в отожженные образцы с наилучшими прочностными характеристиками, путем их дополнительной обработки ИПДК на четверть оборота при КТ. Был проведен РСА, результаты которого показали, что небольшая дополнительная деформация обеспечила значительное повышение плотности дислокаций (практически до уровня, характерного для неотожженной УМЗ структуры). Затем была проведена обработка с чередованием отжига при 423 К и деформацией на 0,25 оборота. После каждого этапа обработки проводили испытания на растяжение. Каждый этап дополнительной обработки ИПДК приводил к существенному увеличению пластичности образцов с УМЗ структурой, а каждый отжиг приводил к повышению прочности (табл. 2).

Таблица 2. Прочностные свойства технически чистого Al после дополнительной термомеханической обработки

Образец	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{UTS}, МПа	δ, %
Al_CG	33	46	38
Al_RT	135±3	184±7	18±2
Al_473	201±14	237±11	~1
Al_423+0,25	130±1	180±1	34±1
Al_423+0,25+423	202	231	13
Al_423+0,25+423+0,25	125	167	41
Al_423+0,25+423+0,25+423	205	221	18

Влияние длительного высокотемпературного отжига и последующей ИПДК на сплав системы Al-Zr. Образцы сплава Al-0,4Zr в исходном крупнозернистом состоянии были подвергнуты отжигу на 60 ч при температуре 648 К и дальнейшей обработке ИПДК на 10 оборотов при КТ под давлением 6 ГПа, а также последующим кратковременным отжигам.

На рис. 1 представлены снимки микроструктуры, полученные с помощью ПЭМ. Хорошо видно, что после длительного отжига (рис. 1, а) появляется большое количество частиц вторичной фазы, что свидетельствует об очищении твердого раствора. Это подтверждается появлением дополнительных рефлексов на картине электронной дифракции (рис. 1, б), эти рефлексы соответствуют фазе Al_3Zr. Последующая обработка ИПДК способствует уменьшению количества частиц алюминидов (рис. 1, в, г).



а б в г

Рис. 1. Микроструктура образцов после длительного отжига при 648 К (темнопольное изображение) (а) и последующей обработки ИПДК при 6 ГПа (светлопольное изображение) (в), а также дифракционные картины (б и г)

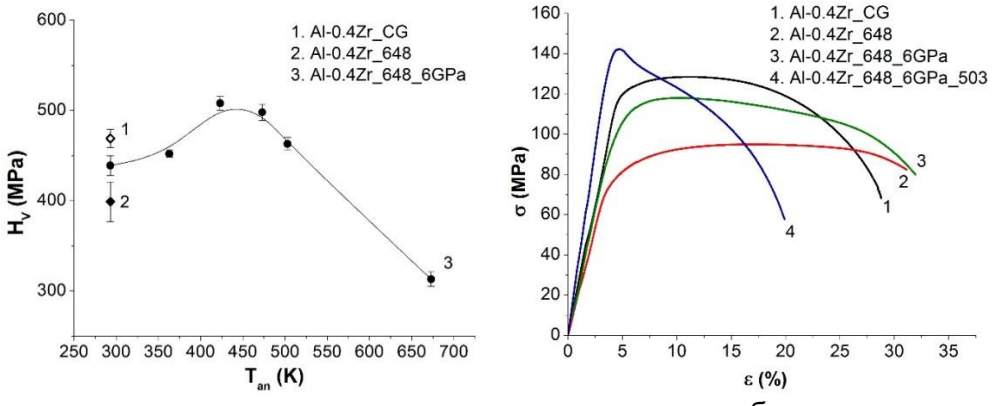
Как видно на рис. 1, а, структура отожженного Al-0,4Zr – крупнозернистая, однако в ней присутствует значительное количество частиц вторичной фазы со средним размером d_{av}^{IIph}=13 нм и расстоянием между друг другом L^{IIph}~38 нм. Последующая обработка ИПДК уменьшает средний размер зерен до 660 нм, а также увеличивает размер алюминидов, который составляет 56 нм при расстоянии между частицами до 425 нм, однако объемная доля таких частиц уменьшается (табл. 3).

Таблица 3. Параметры микроструктуры сплава Al-0,4Zr после длительного отжига и последующей деформации

Образец	d_{av}, нм	d_{av}^{IIph}, нм	L^{IIph}, нм	Доля частиц второй фазы от общей площади, %
Al-0,4Zr_648	КЗ	13±2	38±11	8,74
Al-0,4Zr_648_6GPa	663±237	56±23	425±188	0,71

Таким образом, микроструктурные исследования показали, что обработка ИПДК предварительно отожженных образцов приводит к значительному растворению вторичной фазы в твердом растворе.

Исследование механических свойств показало, что отжиг при 648 К в течение 60 ч приводит к снижению микротвердости исходных КЗ образцов на ~15%, а после последующей обработки ИПДК при 6 ГПа микротвердость повышается на ~10%. Дополнительный отжиг при 423 К позволяет увеличить значение микротвердости на ~16%, и таким образом повысить значение микротвердости относительно исходного КЗ образца на 8% (рис. 2, а). На рис. 2, б представлены диаграммы растяжения исходных образцов, отожженных в течение 60 ч, обработанных ИПДК под давлением 6 ГПа и дополнительно отожженных при 503 К в течение 1 ч.



а б

Рис. 2. Зависимость микротвердости от температуры отжига для исходного состояния (точка 1), для состояния после длительного отжига (точка 2) и после обработки ИПДК (кривая 3) (а); диаграммы напряжение-деформация исходного образца (кривая 1), образца, отожженного при 648 К 60 ч (кривая 2), впоследствии обработанного ИПДК при 6 ГПа (кривая 3) и кратковременно отожженного при 503 К (кривая 4) (б)

Исследование электрических свойств показало, что длительный отжиг приводит к снижению удельного сопротивления на ~15%, что, вероятно, обусловлено образованием алюминидов и очищением алюминиевой матрицы от атомов циркония. ИПДК обработка отожженных образцов приводит к повышению удельного сопротивления на ~5%, но сопротивление остается ниже, чем в исходном КЗ образце, это, по-видимому, связано с частичным распадом частиц вторичной фазы при обработке ИПДК, что подтверждается исследованием ПЭМ. Дальнейший отжиг при

температурах до 473 К практически не изменяет удельное сопротивление, однако приводит к повышению микротвердости. Отжиг при повышенной температуре 503 К приводит к снижению сопротивления на ~5% и восстанавливает исходный уровень электропроводности (59% IACS). Подробные численные оценки приведены в табл. 4.

Таблица 4. Механические и электрические свойства сплава Al-0,4Zr после длительного отжига и последующей ИПДК

Образец	H_V, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{UTS}, МПа	δ, %	ρ_{300}, нОм·м	ρ_{77}, нОм·м
Al-0,4Zr_CG	469±10	117	128	26	35,1	9,5
Al-0,4Zr_648	399±22	72±6	95±4	27,2±2,1	30,1	4,3
Al-0,4Zr_648_6GPa	439±11	96±2	118±2	28,4±0,6	31,7±0,4	6,9±0,2
Al-0,4Zr_648_6GPa_503	463±7	137±2	142±1	18±1	30,4	5,9

Заключение

1. Обнаружено значительное повышение предела текучести (до 50%) и предела прочности (до 30%) для УМЗ Al, структурированного методом ИПДК, при отжиге в интервале температур 363–473 К в течение 1 ч, которое указывает на существование особого механизма упрочнения в УМЗ структуре, основную роль в котором, наиболее вероятно, играют неравновесные большеугловые границы зерен.
2. Впервые достигнуто одновременное увеличение прочности (в ~3,6 раза) и пластичности (до ~42%) технически чистого Al. Показано, что серия из дополнительных небольших деформаций и кратковременных отжигов (T_{an}=423 К) УМЗ Al позволяет существенно повысить пластичность материала при сохранении высоких значений предела текучести и предела прочности за счет введения в структуру дополнительных дислокаций.
3. Показано, что отжиг крупнозернистого сплава Al–0,4Zr при 648 К в течение 60 ч приводит к формированию структуры с дисперсным распределением наночастиц вторичной фазы Al_3Zr со средним размером ~13 нм, обладающей высоким уровнем электропроводности. Последующая обработка ИПДК при комнатной температуре приводит к частичному растворению алюминидов и, как следствие, к повышению прочности (на ~10%) и снижению электропроводности (на ~5%). Показано, что дополнительный кратковременный отжиг при температуре 503 К обеспечивает дальнейшее повышение прочности на ~15% и восстанавливает исходный уровень электропроводности (59%IACS).

Литература

1. Белый Д.И. Алюминиевые сплавы для токопроводящих жил кабельных изделий // Кабели и провода. – 2012. – № 1(332). – С. 8–15.
2. IEC 62004. International Standard, Thermal resistant aluminium alloy wire for overhead line conductor. – 2007. – 5 p.
3. Valiev R.Z., Langdon T.G. Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement // Progress in materials science. – 2006. – V. 51. – № 7. – P. 881–981.
4. Mavlyutov A.M., Bondarenko A.S., Murashkin M.Yu., Boltynjuk E.V., Valiev R.Z., Orlova T.S. Effect of annealing on microhardness and electrical resistivity of nanostructured SPD aluminium // Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – V. 698. – P. 539–546.
5. Orlova T.S., Mavlyuto A.M., Bondarenko A.S., Kasatkin I.A., Murashkin M.Y., Valiev R.Z. Influence of grain boundary state on electrical resistivity of ultrafine grained aluminium // Philosophical Magazine. – V. 96. – № 23. – 2016. – P. 2429–2444.



Лобашов Антон Владимирович
Год рождения: 1992
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевые информационные системы, группа № М4223
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: lobashov@speechpro.com

УДК 004.415.53

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАПИСИ И АНАЛИТИКИ

Лобашов А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Щемелинин В.Л.

Контакт-центры, или центры обработки вызовов – одно из магистральных направлений в телекоммуникациях, интенсивно развивающееся и за рубежом, и в нашей стране. Услугами контакт-центров, объединяющих телекоммуникационные, компьютерные и социальные технологии, пользуются более 80% крупных компаний. Система записи и аналитики – одна из важнейших технологических систем контакт-центра применяемая для оптимизации работы операторов и выявления лучших практик.

Использование системы речевой аналитики позволяет повысить эффективность работы контакт-центра, обеспечить клиентам комфорт и возможность получить необходимую им информацию.

Тестирование – это неотъемлемая часть разработки программного продукта. От того, насколько хорошо будет проведено тестирование – зависит качество выпущенного продукта и как следствие – довольство клиента. Дать определение термину качество достаточно сложно. Согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015, качество программного продукта – определяет модель качества продукта, которая включает восемь характеристик верхнего уровня:

– функциональная пригодность;
– уровень производительности;
– совместимость;
– удобство пользования;
– надежность;
– защищенность;
– сопровождаемость;
– переносимость (мобильность).

Общее понятие качества программного продукта – это способность программного обеспечения при заданных условиях удовлетворять установленным или предполагаемым потребностям [1].

Время на тестирование всегда ограничено, и его необходимо правильно планировать и использовать. На сегодняшний день не существует какого-либо метода тестирования, который бы смог однозначно выявить все дефекты в программном обеспечении и подтвердить корректность всего функционала. Поэтому, тестирование в различных компаниях строится на основе выбора более оптимальной и эффективной методики. В результате такого тестирования можно лишь утверждать, что дефектов нет в рамках проверки конкретным методом. Но нельзя гарантировать отсутствие

дефектов с учетом человеческого или другого внешнего фактора, который имеется на всех этапах работы программного обеспечения.

Основной задачей тестирования – является снизить затраты на разработку путем обнаружения дефектов на ранних стадиях разработки. Как видно из рисунка, «стоимость» исправления дефекта растет экспоненциально от времени ее обнаружения [2, 3]. Самые дорогие дефекты – в самом конце разработки. На рисунке представлена теоретическая стоимость исправления дефекта от времени его нахождения.

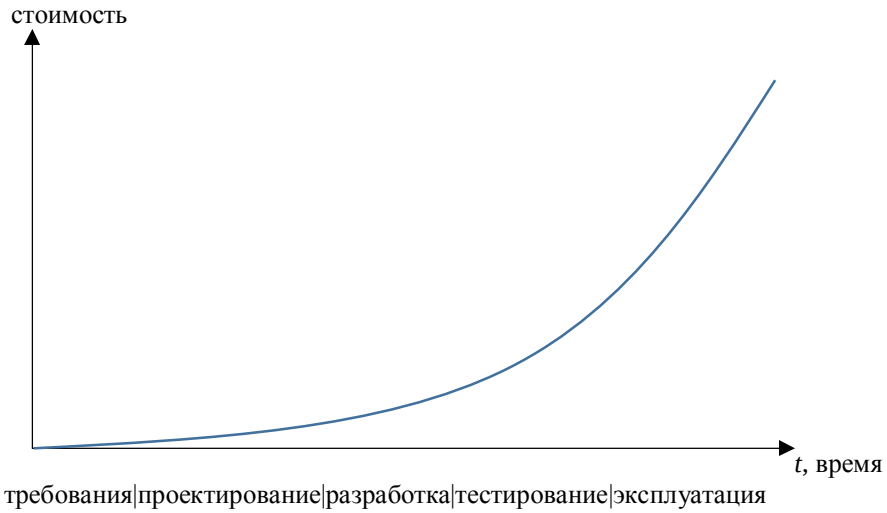


Рисунок. Зависимость теоретической стоимости исправления дефекта от времени его нахождения

Согласно ГОСТ Р 56920-2016, тестирование программного обеспечения – это процесс, представляющий собой совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы [4].

Процесс тестирования устанавливает и поддерживает политики и стратегии тестирования, которые применяются в проектах и бизнес процессах компании. Необходимо планировать, контролировать и управлять тестированием. Описанные в ГОСТ Р 56921-2016/ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013, процессы тестирования, включают в себя процесс менеджмента тестирования и могут быть применены к тестированию во всех жизненных циклах разработки и менеджменте исследовательского тестирования. «Процессы и подпроцессы тестирования применимы для любой фазы или уровня тестирования (например, тестирование системы) и для любого типа тестирования (например, тестирование производительности)» [5].

Также, тестирование предполагает исследование элемента тестирования. Существуют методы тестирования продукта без выполнения его на компьютере – статическим тестированием. Такой метод может включать в себя использование инструментов статического анализа. Они находят дефекты в коде или документах без выполнения кода (например, компилятор, цикломатический анализатор сложности или анализатор защищенности кода).

Процесс динамического тестирования – представляет собой выполнение исполнимых элементов тестирования, сюда входят как действия подготовки, так и последующие действия.

Существует два типа подтверждения:

1. верификация – это подтверждение путем представления объективных доказательств выполнения данным рабочим элементом установленных требований;
2. валидация – демонстрирует, что рабочий элемент может использоваться пользователями для решения определенных ими задач.

Цель тестирования программного обеспечения, как статическое, так и динамическое, направлена на получение обоих типов подтверждения, хотя и должно допускать, что подтверждение не может быть получено немедленно из-за обнаружения дефектов [5].

Описаны основные шаги и процессы методики тестирования многоканальной системы записи и аналитики. Также описаны инструменты, которые предлагается использовать.

Многоканальная система записи и аналитики имеет свои особенности, поэтому была разработана методика тестирования учитывая эти особенности. Данная методика полностью соответствует ГОСТ Р 56920-2016, ГОСТ Р 56921-2016 и ГОСТ Р 56922-2016.

На шаге планирования подробно рассмотрены риски в тестировании. Риск – это неопределенное событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на процесс и результат в целом. Сработавшие риски в тестировании обычно приводят к сдвигам в сроках и увеличению или уменьшению трудозатрат. В последнее время рискам стали уделять достаточно больше внимания, так как это требование современных стандартов систем менеджмента качества. Приведенный процесс работы с рисками соответствует ГОСТ Р ИСО 31000-2010.

Приведены конкретные риски, с которыми приходится столкнуться при тестировании систем многоканальной записи и аналитики, и предложены примерные стратегии уклонения и смягчения.

Предложены инструменты для улучшения качества тестирования на шаге проведения тестирования.

Заключение. В данной работе была разработана, основанная на стандартах, методика тестирования многоканальной системы записи и аналитики. Был проведен анализ существующих стандартов в тестировании, исследованы различные методы тестирования. Описаны процессы на всех шагах и различные виды тестирования.

Изучив существующую методику тестирования, были предложены изменения на шаге планирования, исследованы и проанализированы риски и, предложены стратегии реагирования на них в рамках работ по тестированию. На шаге проведения тестирования приведены примеры средств, позволяющих снизить трудозатраты и повысить качество тестирования.

Методика применена на практике при тестировании различных компонентов системы записи и аналитики Smart Logger от группы компаний ООО «ЦРТ».

Литература

1. ISO/IEC 25000-2014. Проектирование систем и разработка программного обеспечения. Требования к качеству систем и программного обеспечения и их оценка (SQuaRE). Руководство. – 2015. – 34 с.
2. Савкин В. Принципы управления качеством программ // Открытые системы. СУБД. – 2008. – № 6. – Р. 49–53.
3. Кент Б. Экстремальное программирование. – СПб.: Питер, 2002. – С. 43.
4. ГОСТ Р 56920-2016. Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Часть 1. Понятия и определения. – Введен 01.06.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 48 с.
5. ГОСТ Р 56921-2016. Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Часть 2. Процессы тестирования. – Введен 01.06.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 60 с.



Малашук Наталья Михайловна
Год рождения: 1994
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента,
группа № U4247
Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика
e-mail: akesa@mail.ru

УДК 330

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Малашук Н.М.
Научный руководитель – к.э.н., профессор Павлова Е.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610749 «Проектирование и экономическое обоснование оптических систем для фундаментальных и прикладных исследований».

Цель работы провести исследование влияния факторов внешней среды на результативность научных исследований, разработав метод для определения наибольшего влияния одной или нескольких групп факторов внешней среды, которые будут положительно или отрицательно влиять на результативность научных исследований.

В рамках работы необходимо было решить следующие задачи для достижения поставленной цели:

1. определить сущность и подходы к оценке результативности научных исследований;
2. изучить существующие методы оценки результативности научных исследований;
3. определение и анализ существующих групп факторов внешней среды, которые могут воздействовать на проведение научных исследований;
4. разработать систему показателей и критериев оценки для определения влияния внешней среды;
5. оценить влияние факторов внешней среды на результативность научных исследований.

Можно сказать, что научное исследование и инновация неразрывно связаны. Это дало возможность выявить цикл научных исследований результатом, которого становится создание инновации (рис. 1).

Отличительной особенностью, по мнению автора, является эффект от внедрения научно-исследовательских работ.

Фундаментальные исследования не дают эффект сразу, его можно увидеть через определенный период работы, но его может и не быть вообще.

Обычно фундаментальные исследования дают научно-технический эффект, он позволяет расширять знания об окружающей среде, а именно открытие новых законов, выявление связей, фактов закономерностей. Когда результат получен, то его можно использовать в различных областях общественного производства. Оценка данного рода исследований проводится на основе качественных показателей. Например, сохранение экологической обстановки, признание отечественной науки на международной арене.

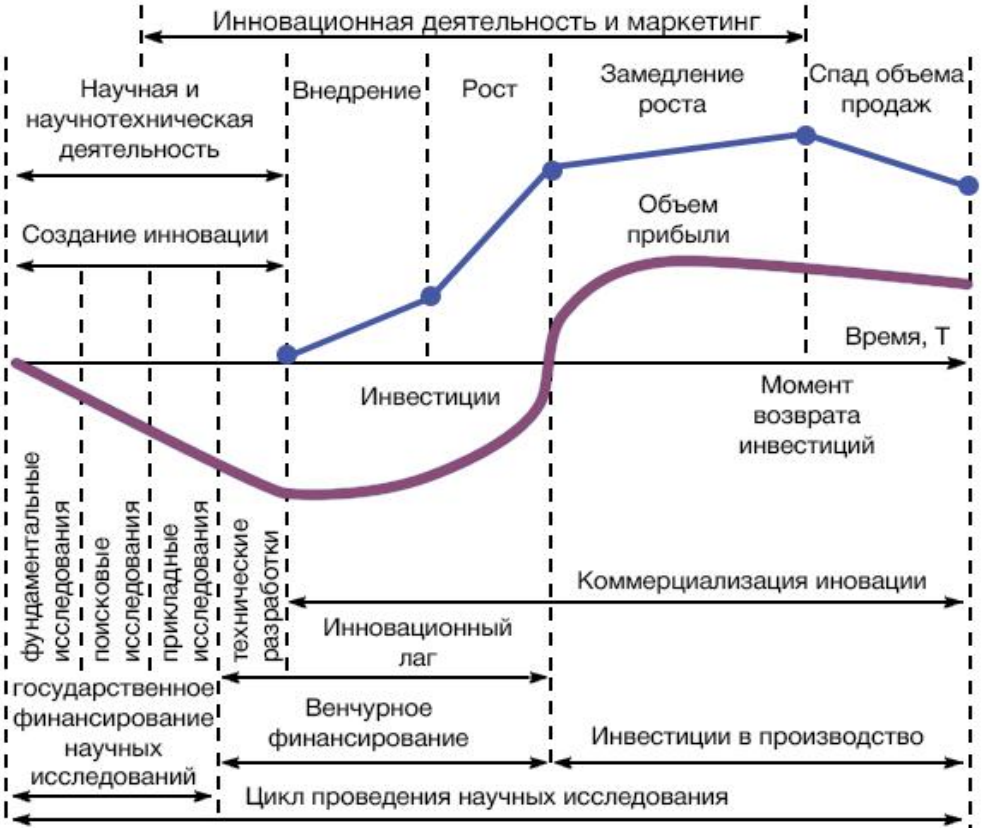


Рис. 1. Цикл проведения научных исследований

Важной характеристикой для прикладного исследования является возможность его осуществимость и внедряемость. Поэтому экономический эффект, как правило, является определяющим для прикладного исследования. Он делится на потенциальный и ожидаемый экономический эффект [1].

Экономическая эффективность является очень важным критерием при оценке перспективности научного исследования. Поскольку фундаментальные исследования не дают видимого экономического эффекта, но они требуют огромных затрат, и рассчитать экономический эффект возможно только гипотетически методом прогноза. Отсюда возникает вопрос: «Как оценивать научные исследования, которые не дают экономического эффекта, но необходимы для развития науки?».

Таблица 1. Методы оценки результатов исследований

Виды научных исследований	Методы оценки результатов
Фундаментальные исследования	Наукометрические методы: – индекс цитирования; – импакт-фактор журнала; – индекс Хирша; – патентная активность – индекс оперативности; – индекс отражающий оперативность цитирования; – индекс Прайса. Гибридный метод: – наукометрический метод; – экспертный метод.

Виды научных исследований	Методы оценки результатов
Прикладные исследования	Экономические: – период окупаемости; – чистый приведенный доход; – индекс прибыльности. Экспертные: – оценка проекта на основе экспертной процедуры в баллах по каждому из пяти научно-технических показателей; – экспертиза на основе сравнительного анализа проектов по трем уровням. Гибридный метод: – наукометрический метод; – экспертный метод.

Выделенные в табл. 1 методы, основанные на анализе литературных источников [2, 3], используют большое количество показателей, которые необходимо оценивать с точки зрения, насколько адекватно каждый из методов способен оценить результат научного исследования. Для этого при выборе того или иного подхода необходимо тщательно подбирать исходные данные для проводимого анализа.

В работе было проведено исследование факторов внешней среды, которое выявило совокупность факторов влияющих на проведение научных исследований.

Влияния условий окружающей среды на проведение научных исследований показал, что на уровне макросреды влияние имеет косвенное воздействие и прямое влияние непосредственно на уровне микросреды.

В процессе исследования факторы окружающей среды были разделены на группы. Они представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Факторы макроокружения, влияющие на проведение научных исследований

Макроокружение	Факторы
Политико-правовые факторы	1. степень заинтересованности государства в развитии научного сектора; 2. уровень развития законодательной базы в области науки и технологий; 3. степень заинтересованности региональных органов власти в области развития науки в своем регионе; 4. уровень политической стабильности в стране; 5. степень коррумпированности государственных структур
Экономические факторы	1. общая экономическая стабильность; 2. колебания курса валют; 3. темпы инфляции; 4. уровень процентных ставок на капитал
Социокультурные факторы	1. религиозные и этнические нормы; 2. отношение людей к работе и качеству жизни; 3. численность занятого персонала научными исследованиями; 4. демографические структуры общества
Природно-экологические факторы	1. наличие и доступность природных ресурсов; 2. эффективное использование природных ресурсов; 3. уровень развития системы государственного контроля в области охраны окружающей среды и природопользования

На макроуровне значимое воздействие имеют факторы, направление которых зависит от государственной политики. Государству необходимо повысить уровень законодательной, налоговой и правовой поддержки в области научных исследований.

Таблица 3. Факторы микроокружения, влияющие на проведение научных исследований

Микроокружение	Факторы
Инфраструктурные факторы	1. учебно-научный комплекс (вуз, научные организации, промышленные предприятия); 2. бизнес-инкубатор (на базе образовательного, научного учреждения или промышленного предприятия); 3. научно-исследовательский центр (промышленное предприятие и научно/образовательное учреждение); 4. научно-промышленный комплекс (группа предприятий, научных/образовательных учреждений)
Факторы государственного финансового обеспечения	1. прямое финансирование; 2. косвенное финансирование.
Факторы частного финансового обеспечения	1. прямые инвестиции; 2. венчурные инвестиции; 3. инвестиции Бизнес-ангелов
Факторы конкуренции	1. конкуренция основанная на возможности получить грант на исследования; 2. конкуренция действующая на этапе коммерциализации инноваций

На микроуровне важным фактором, который способствует развитию проведения научных исследований, является развитие инфраструктурной среды. Развитие этого фактора будет способствовать привлечению частного капитала, произойдет повышение качества взаимодействия науки и производства.

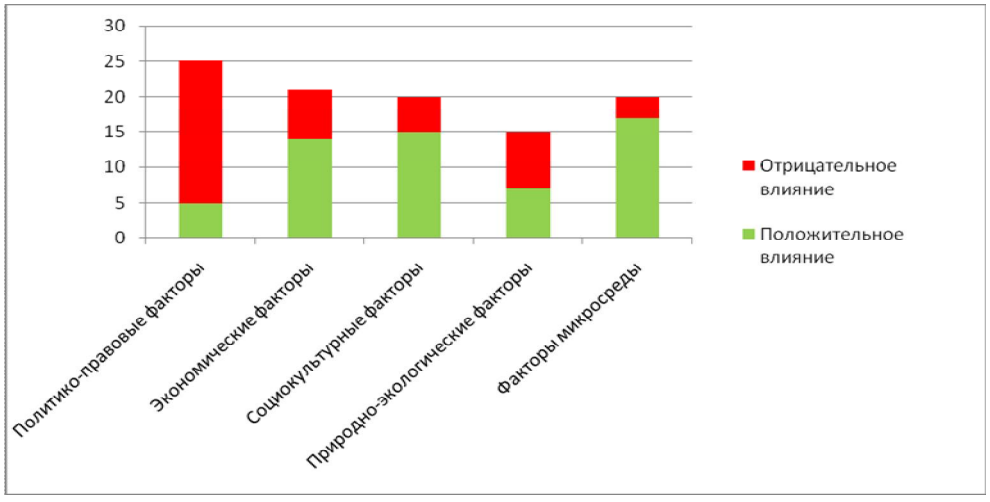


Рис. 2. Сила влияния факторов на результативность научного исследования

С помощью разработанного в работе метода, была проведена оценка силы влияния факторов на всем цикле проведения научных исследований (табл. 4). И как можно видеть из рис. 2, что самое отрицательное влияние на результативность научных исследований исходит от политико-правовых факторов. Это, например,

связано с тем, что в стране очень слабо развита законодательная база. Самое большое положительное влияние имеют факторы микросреды, поскольку в стране активно пытаются создавать инфраструктуру для развития науки, а также привлекать частные инвестиции.

Таблица 4. Экспертная оценка влияния группы факторов на результативность научного исследования

		Факторы внешней среды				
		Политико-правовые факторы	Экономические факторы	Социокультурные факторы	Природно-экологические факторы	Факторы микросреды
Цикл проведения научного исследования	Фундаментальные исследования	11	4	8	5	9
	Поисковые исследования	11	4	8	5	9
	Прикладные исследования	12	8	8	6	9
	Технические разработки	13	9	6	6	8
	Коммерциализация инноваций	13	11	5	6	8
Итоговая оценка		60	36	35	28	43

Подводя итог, можно сказать, что разработанный метод оценки влияния внешней среды на результативность научного исследования, по мнению автора, является подробным и удобным за счет применения экспертной оценки. Представленная автором методика учитывает все элементы заданного исследования, предлагает учет влияния факторов внешнего окружения, которое оказывает как косвенное, так и прямое воздействие на результативность научных исследований. Отличается системой критериев оценки, которой не хватает имеющимся методам оценки. Полученные в результате расчеты показателей являются достаточно объективными в силу рационального и комплексного подходов к решению поставленной задачи.

Литература

1. Акоев М.А., Маркусова В.А., Москалева О.В., Писляков В.В. Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. – 250 с.
2. Актуальные проблемы современных научных исследований: методология, экономика, статистика. Сборник статей. – М.: Директ-Медиа, 2013. – 142 с.
3. Писляков В.В. Библиометрия: основные методы и индикаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.myshared.ru/slide/51935, своб.



Маргиева Елена Мерабовна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра технологий интроскопии, группа № В4258
Направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология
e-mail: margieva313@gmail.com

УДК 681.2.088

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МАСЛА В СЖАТОМ ВОЗДУХЕ

Маргиева Е.М.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Марусина М.Я.

Современные промышленные технологии ориентированы на рост требований к чистоте используемых ресурсов, а в частотности, к чистоте сжатого воздуха. Загрязняющие вещества в сжатом воздухе могут оказывать неблагоприятное воздействие на оборудование, от чего зависит его эксплуатационная готовность и надежность процессов. Выполнение требований, исключающих возможность загрязнения, требует разработки соответствующих методов и приборов контроля, что в свою очередь ставит новые метрологические задачи.

На предприятии АО «Компрессор» была поставлена задача разработать анализатор масла (опытный образец фотоионизационного анализатора масла ФАМ-К), позволяющий проводить измерения концентрации масла в сжатом воздухе с более высокой точностью, чем анализаторы, существующие на предприятии. В связи с этим была сформулирована **цель исследований** – повышение точности измерений концентрации масла в сжатом воздухе.

Достоверность результатов измерений зависит от выбора методов и средств контроля, от методик измерений. Целью разработки и применения методик выполнения измерений является обеспечение выполнения измерений с требуемой точностью.

Основным документов, используемым при разработке методик измерений, является ГОСТ Р 8.563 [1]. С учетом требований стандарта был разработан проект методики выполнения измерений концентрации масла в сжатом воздухе с использованием фотоионизационного анализатора масла.

Главной задачей, решаемой в процессе подготовки к измерениям, является устранение погрешности измерений. В суммарную погрешность вносят вклад погрешности двух типов: систематические и случайные. В [1] приведены типичные составляющие погрешности, к которым следует добавить следующие: погрешность пробоподготовки и пробоотбора; погрешность, обусловленная влиянием изменения влажности, давления и температуры окружающей среды; погрешность влияния изменения температуры сжатого воздуха и т.п. Ввиду того, что на фотоионизационный анализатор вышеупомянутые воздействия не оказывают влияния и не искажают результаты измерений, было принято, что суммарная погрешность складывается из случайной составляющей, погрешности анализатора и погрешности, вызванной несоответствием условий измерения нормальным.

В справочной литературе приводится множество методов выявления систематической погрешности, среди которых следует выделить метод, при котором производится анализ стандартного образца (СО) и сравнение – метод стандартов (в данном случае подразумевается процедура градуировки) [2, 3]. Случайная же погрешность оценивается с использованием средств математической статистики [2].

Градуировка представляет собой процедуру установления функциональной зависимости между величиной измеряемого сигнала и концентрацией определяемого компонента. Одним из упрощенных способов градуировки является способ одного стандарта, при котором производится анализ только одного стандартного образца [2].

В этом случае искомая концентрация компонентов вычисляется по формуле (1) с использованием поправочного коэффициента *k*.

$$x = \frac{c_{CT} y}{y_{CT}} = ky, \qquad (1)$$

где x – искомое значение концентрации; y – показание газоанализатора; c_{CT} – фактическая концентрация СО, установленная в паспорте; y_{CT} – измеренная концентрация СО; k – поправочный коэффициент.

В качестве стандартных образцов применяются газовые смеси известного состава – поверочные газовые смеси (ПГС)

В рамках данной работы используется ПГС «изобутилен–воздух» (C_4H_8–air) как рекомендованная для градуировки производителем фотоионизационного датчика, входящего в состав анализатора ФАМ-К.

Контроль концентрации масла производился после блока очистки и осушки (БО). БО, разрабатываемые на АО «Компрессор» обеспечивают содержание масла не более 0,4 мг/м^3. Схема измерения концентрации масла приведена на рис. 1.

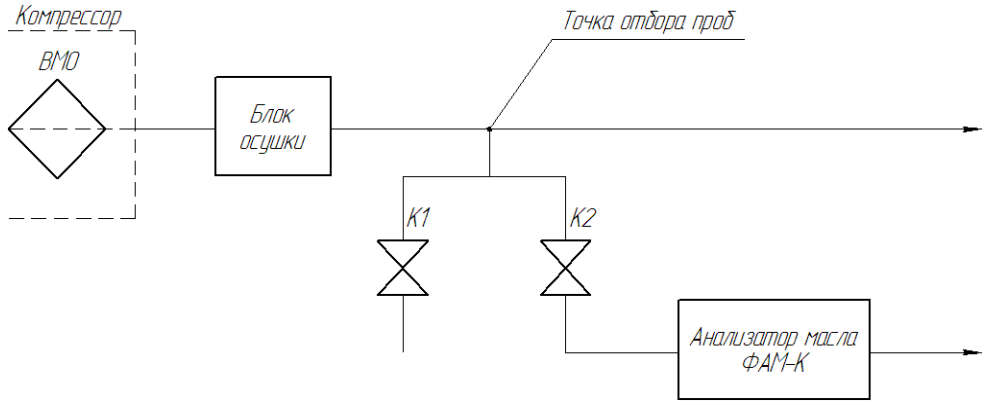


Рис. 1. Схема измерения концентрации масла, где *К*1 – клапан подключения магистрали параллельного отбора проб; *К*2 – клапан подключения анализатора масла

В ходе исследований проводилась градуировка анализатора с использованием поверочной газовой смеси «изобутилен–воздух» (C_4H_8–air).

В результате проведения градуировки было установлено следующее:

– содержание изобутилена, установленное в паспорте на ПГС: 0,54 ppm;
– измеренное значение содержания: 0,71 ppm;
– поправочный коэффициент: k=0,76.

Было проведено несколько серий измерений концентрации масла при различном входном давлении и вычислены исправленные значения.

Измерения проводились при уровне фонового сигнала фотоионизационного датчика 0,06 В.

Дополнительно были проведены измерения концентрации при различных температурах окружающей среды с целью оценки степени влияния на результат измерения. В результате было выявлено, что изменение температуры окружающей среды на ±10°С практически не влияет на результат ввиду линейности характеристики фотоионизационного датчика, входящего в состав анализатора ФАМ-К.

Распределение концентрации масла в зависимости от давления на входе приведено на рис. 2.

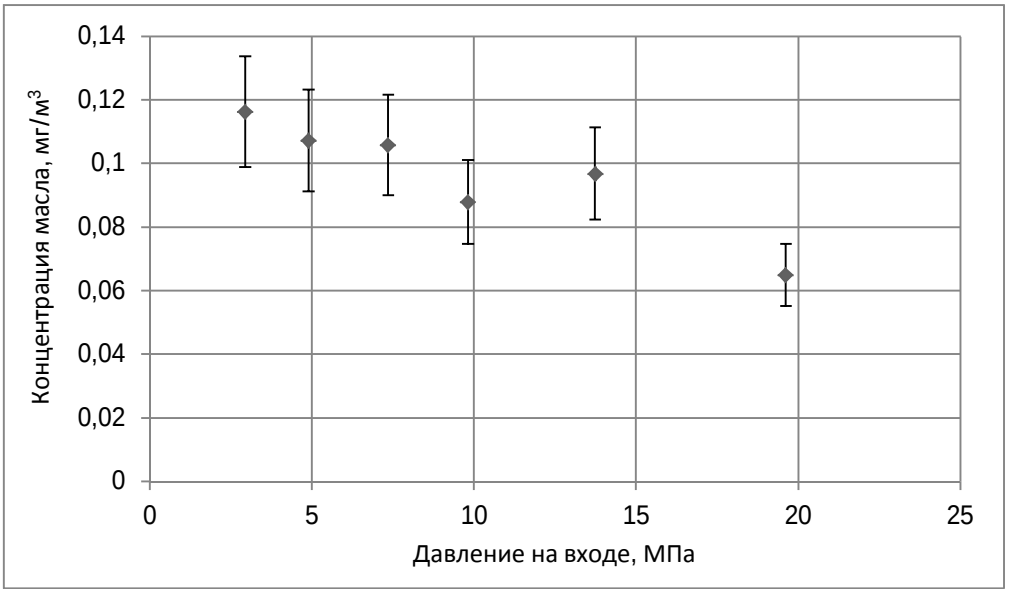


Рис. 2. Результаты измерений концентрации масла в сжатом воздухе

После проведения измерений концентрации масла была проведена оценка погрешности измерений. Фрагмент результатов расчета приведен в таблице.

Таблица. Результаты измерения концентрации

Давление на входе, МПа (кгс/см^2)	Давление на выходе, МПа (кгс/см^2)	Концентрация масла, мг/м^3	Среднее значение, мг/м^3	Стандартное отклонение, мг/м^3	Отн. стандартное отклонение, мг/м^3	Погрешность измерений, мг/м^3
2,94 (30,00)	0,10 (1,00)	0,089	0,088	$0{,}6\cdot10^{-3}$	$0{,}3\cdot10^{-3}$	0,001
		0,089				
		0,088				
		0,087				
		0,088				
9,81 (100,00)	0,15 (1,50)	0,065	0,067	$1{,}4\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$	0,002
		0,068				
		0,067				
		0,068				
		0,065				

Давление на входе, МПа (кгс/см^2)	Давление на выходе, МПа (кгс/см^2)	Концентрация масла, мг/м^3	Среднее значение, мг/м^3	Стандартное отклонение, мг/м^3	Отн. стандартное отклонение, мг/м^3	Погрешность измерений, мг/м^3
19,61 (200,00)	0,15 (1,50)	0,065	0,065	$1{,}1\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$	0,001
		0,065				
		0,066				
		0,063				
		0,065				

Дополнительно была проведена оценка показателей качества измерений, в результате которой было установлено следующее:

– результаты измерений концентрации обладают прецизионностью в виду малости величины стандартного отклонения;

– показатель точности оценивался по поправочному коэффициенту, который был равен 0,76. Таким образом, результаты измерений можно считать точными, так как погрешность измерений не выходит на установленные пределы;

– оценка показателя правильности производилась на основании результатов градуировки. Отклонение экспериментального значения концентрации от аттестованного составляет 0,17 ppm, что не превышает допустимое.

– результаты измерений считаются достоверными, поскольку все экспериментальные значения попадают в доверительный интервал.

В технических условиях на анализатор масла ФАМ-К установлена погрешность измерений, равная ±15%. Таким образом, погрешность измерений концентрации не должна превышать 0,75 мг/м^3 (по изобутилену), что и выполняется с помощью разработанной методики измерений.

В рамках работы:

1. были проанализированы факторы, оказывающие влияние на точность измерения концентрации веществ, и пути их устранения;
2. проанализированы требования нормативных документов к разработке и аттестации методик измерений;
3. разработан проект методики выполнения измерений концентрации масла в сжатом воздухе ФАМ-К-00.000 И1;
4. проведены исследования концентрации с использованием анализатора ФАМ-К, на основании которых можно сделать вывод, что погрешность измерений не превышает значение, установленное в методике измерений.

Разработанная методика измерений позволяет проводить измерения концентрации масла с более высокой точностью (15%), чем альтернативные методики, применяемые на АО «Компрессор» (18%).

Результаты работы представляют практическую значимость, поскольку разработанная методика позволяет измерять концентрацию широкого рода углеводородных компонентов. Кроме того, в дальнейшем планируется доработка методики с целью ее последующей аттестации и применения анализатора ФАМ-К на АО «Компрессор» в качестве основного средства контроля содержания масла в воздухе.

Литература

1 ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечания единства измерений. Методики (методы) измерений. – Введен 15.04.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
2 Гармаш А.В., Сорокина Н.М. Метрологические основы аналитической химии. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012. – 47 с.
3 Родзевич А.П., Газенаур Е.Г. Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 312 с.



Милых Михаил Михайлович
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № А4205
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: mihalych212121@gmail.com

УДК 627.8.059.22

ОЦЕНКА РИСКОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Милых М.М.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Российская Федерация (РФ) обладает огромным богатством водных ресурсов и гидрологическим потенциалом, позволяющим активно использовать энергию воды с целью получения электроэнергии и электрификации населенных пунктов. Для этого в нашей стране строятся гидроэлектростанции (ГЭС), являющиеся сложными комплексами гидротехнических сооружений (ГТС). На данный момент, в РФ насчитывается порядка 65 тысяч ГТС различного назначения, построенных в различных регионах страны. Подавляющее большинство из этого количества было построено в сравнительно ограниченный промежуток времени, пик которого приходится на 50-ые и 60-е года прошлого столетия.

ГТС являются опасными объектами, поскольку при возникновении на них аварий, может произойти прорыв водных масс, приводящий к катастрофическим последствиям. Согласно научным исследованиям в области гидротехники и накопленному опыту строительства ГТС, если аварии и происходят, то они происходят в период строительства, или начальный период эксплуатации, когда наполняется водохранилище и выявляются все основные деформации.

Аварии в основном происходят по прошествии так называемого «спокойного периода» (50–60 лет) эксплуатации ГТС, вследствие неудовлетворительного технического состояния и отсутствии регулярных ремонтно-профилактических работ. По состоянию на 2017 год «Спокойный период» эксплуатации большинства ГТС РФ давно прошел, что сигнализирует о том, что проблема безопасности ГТС особенно актуальна в наше время.

Для того, чтобы понять безопасен ли объект или нет, в первую очередь необходимо оценить вероятность гипотетической аварии и рассчитать возможный

ущерб в случае ее реализации. Данный процесс называется процессом оценки риска аварии. Если мы будем знать вероятность аварии и причины, приводящие к ней, то мы сможем контролировать риск и обозначить корректирующие мероприятия, позволяющие снизить эту вероятность и обеспечить безопасность объекта. Процесс оценки риска аварии ГТС, необходимо производить не только в период эксплуатации объекта, но и в период его проектирования для того, чтобы понять соответствует ли проект объекта требованиям безопасности и целесообразно ли вообще его строить в том или ином створе реки. Оценка риска аварии ГТС и обеспечение безопасности окружающей среды и населения, проживающего в зоне влияния ГТС, обуславливают актуальность настоящей работы. Объектом исследования является малая ГЭС – Белопорожская ГЭС, находящаяся на этапе проектирования и являющейся второй ступенью так называемого «Кемского каскада ГЭС». Предметом исследования является оценка риска аварии Белопорожской ГЭС.

Целью работы является совершенствование существующих подходов анализа риска аварий малых ГЭС, а также оценка риска аварии на примере Белопорожской ГЭС, находящейся на этапе проектирования.

Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

1. проведение обзора подходов к понятию «риск» в области промышленной безопасности.
2. проведение обзора и анализа существующих методик в области оценки риска аварий ГТС;
3. выявление плюсов и минусов каждой из рассмотренных методик;
4. разработка процедуры оценки риска аварий малых гидроэлектростанций, основу которой составляет модификация существующих методик под объекты малой гидроэнергетики;
5. оценка риска аварии Белопорожской ГЭС с использованием разработанной процедуры оценки риска аварий малых ГЭС;
6. анализ полученных результатов и выявление существующих проблем в области безопасности ГТС малой гидроэнергетики и предложение путей их решения.

Риск аварии ГТС – мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии ГТС и тяжесть ее последствий для здоровья, жизни людей, имущества и окружающей природной среды [1].

Существует несколько научных подходов к оценке риска ГТС:

1. методика оценки рисков ГТС, разработанная специалистами ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, характерной особенностью которой является использование «дерева отказов» и «дерева событий» при оценке рисков;
2. методика оценки рисков ГТС, разработанная специалистами НИИ ВОДГЕО, особенностью, которой является интегральная экспертная оценка риска.

С целью наиболее точной оценки рисков, необходимо объединить эти два подхода. Следует использовать метод «дерева отказов», рассматриваемый в первой методике, для того чтобы наиболее точно выявить источники возникновения того или иного опасного сценария аварии. А интегральную экспертную оценку и расчет вероятности реализации сценария вести в соответствии со второй методикой. Обуславливается предлагаемый подход тем, что первая методика достаточно сложна и реально применима для крупных сооружений энергетического комплекса, а вторая – является достаточно простой в реализации и подходит ко всем классам ГТС.

Общая схема анализа (вычисления риска) воздействия ГЭС заключается в последовательном решении следующих задач (рис. 1):

1. создание рабочей экспертной группы, организация и планирование работ;

2. идентификация всех возможных опасностей и разработка сценариев аварийных ситуаций и/или негативных воздействий;
3. определение вероятности возникновения опасности (анализ частоты);
4. определение и расчет критериев безопасности ГТС малой ГЭС;
5. определение ущерба от реализации данной опасности (анализ последствий);
6. оценка риска;
7. разработка рекомендаций по уменьшению риска, создание и внедрение корректирующих мероприятий.

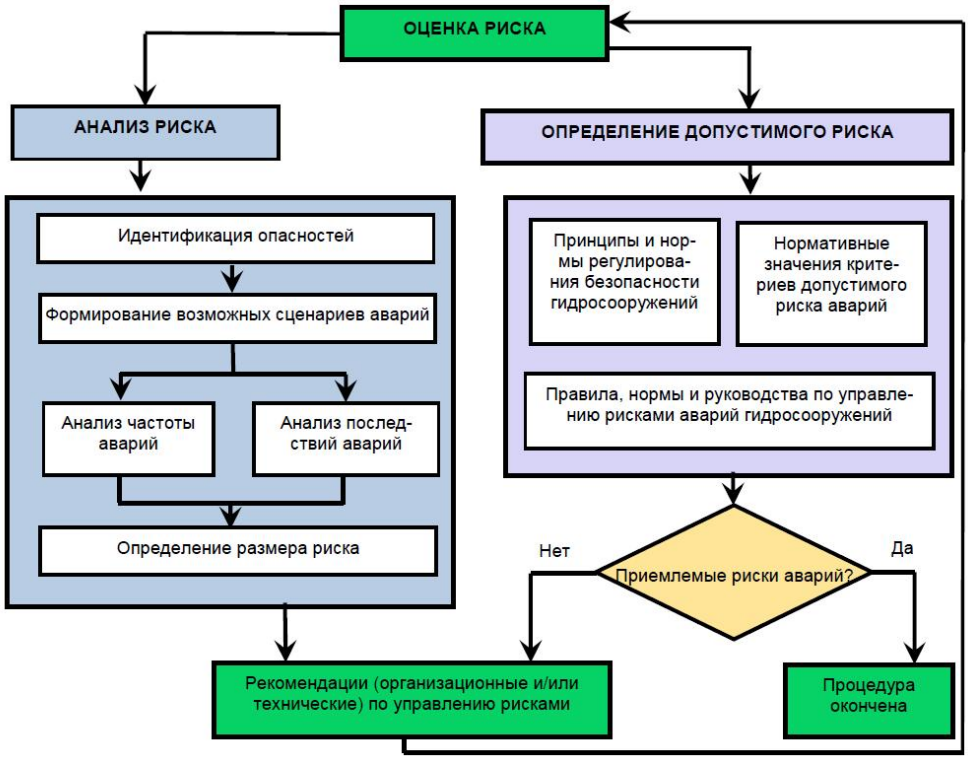


Рис. 1. Процедура оценки рисков аварии ГТС

Для составления сценариев возможных аварий необходимо в первую очередь определить перечень наиболее опасных факторов (опасностей), способных вызвать аварию ГЭС, определить степень ее тяжести.

Введем понятие – доза негативного воздействия (ДНВ). ДНВ D – количественная характеристика, отражающая совокупное влияние на ГТС всех поражающих факторов за определенный промежуток времени. Применительно к ГТС с учетом рассматриваемых сценариев возникновения аварийной ситуации ДНВ можно определить как количественную характеристику, отражающую восприимчивость (уязвимость) ГТС к разным видам опасности негативных процессов, способных вызвать аварийную ситуацию. Для получения количественных характеристик, необходимо определить механизм расчета и соответствующие численные показатели, отражающие степень опасности и уязвимости ГТС.

Через расчет ДНВ, полученный преимущественно качественно, можно оценить вероятность возникновения аварии Pa(МГЭС):

$$Pa(\text{МГЭС})=0{,}5erfcx. \quad (1)$$

Решить данную проблему помогает вторая методика, которая позволяет определить показатели опасности и уязвимости экспертным методом, основывающимся на всесторонней оценке проектной документации и технического состояния ГТС.

Опасность возникновения аварии ГТС может определяться следующими показателями:

1. превышение принятых при обосновании конструкций ГТС природных нагрузок и воздействий;
2. несоответствие решений, принятых при проектировании ГТС, современным нормативным требованиям;
3. несоответствие конструкций сооружений, условий по эксплуатации, свойств материалов ГТС и основания проектным характеристикам;
4. масштабы последствия и ущербы при возникновении аварий.

Уровень уязвимости определяется восприимчивостью ГТС к воздействию факторов опасности. Приняты следующие показатели уязвимости ГТС:

1. состояние сооружения (по данным мониторинга);
2. состояние окружающей среды в зоне влияния ГТС по данным мониторинга;
3. организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации);
4. готовность объекта к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В качестве поражающих факторов, вызывающих аварию следует выбрать эти самые показатели опасности аварий и уязвимости ГТС, которые определяют возможный набор сценариев возникновения аварий. Для этого необходимо определенным образом охарактеризовать каждый показатель, с точки зрения его влияния на создание аварийной ситуации. В методике принято в качестве характеристики степени опасности присваивать код к каждому показателю, а именно: 0 – нет опасности; 1 – малая опасность; 2 – средняя опасность; 3 – большая опасность [2]. Далее идет пересчет кодов по таблицам методики [2]. Аналогичный механизм осуществляется и при определении уязвимости с присвоением кодов. Таким образом, считаются коэффициенты опасности (2) и уязвимости (3), по формулам:

$$\lambda = \sum_{i=1}^{4} \sigma_i a_i \lambda_0 , \qquad (2)$$

где σ_i – коэффициент значимости i-го показателя опасности; a_i – значение кода i-го показателя опасности; λ_0 – нормирующий множитель.

$$\nu = \sum_{i=1}^{4} \varphi_i b_i \nu_0 , \qquad (3)$$

где φ_i – коэффициент значимости i-го показателя уязвимости; a_i – значение кода i-го показателя уязвимости; λ_0 – нормирующий множитель.

Тогда доза негативного воздействия рассчитывается по формуле:

$$D = \lambda\nu . \qquad (4)$$

Пробит-функция, с учетом ДНВ и полученных коэффициентов будет иметь вид:

$$Pr = -\delta \frac{\ln\left[D/Dl \right]}{\ln\left[Dp/Dl \right]}, \qquad (5)$$

где Dl – катастрофическое значение ДНВ (Dl=1); Dp – пороговое значение ДНВ, при котором вероятность аварии не превышает нормируемую величину (Dp=0,15); δ – величина допустимого риска, установленного для малых ГЭС ($\delta=3\cdot10^{-3}$) [3].

Подставляя формулу (5) в формулу (1) получим формулу вероятности аварии:

$$Pa(\text{МГЭС}) = 0,5 erfc\left[\beta \frac{\ln(D/Dl)}{\ln(Dp/Dl)} \right], \qquad (6)$$

где β – величина допустимого риска малых ГТС (β=3·10^{-3} (1/год)) установленная в соответствии с [3].

Функция *erfc x* имеет вид (7), значения функции представлены в таблицах значений функции ошибок методики [2]:

$$erfc\,x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{x}^{\infty} e^{-x^2} dx . \qquad (7)$$

Таким образом, формула риска аварии малой ГЭС будет выражаться:

$$Ra = Pa(\text{МГЭС}) \sum Y , \qquad (8)$$

где *Y* – величина возможных ущербов, образующихся вследствие реализации аварии каждого отдельного реализуемого сценария (ущерб окружающей среде, материальному имуществу, здоровью людей).

В качестве корректирующих мероприятий по контролю риска аварии ГТС была разработана диаграмма (рис. 2), представляющая собой схематическое описание и анализ пути развития опасного явления от причины к последствиям.

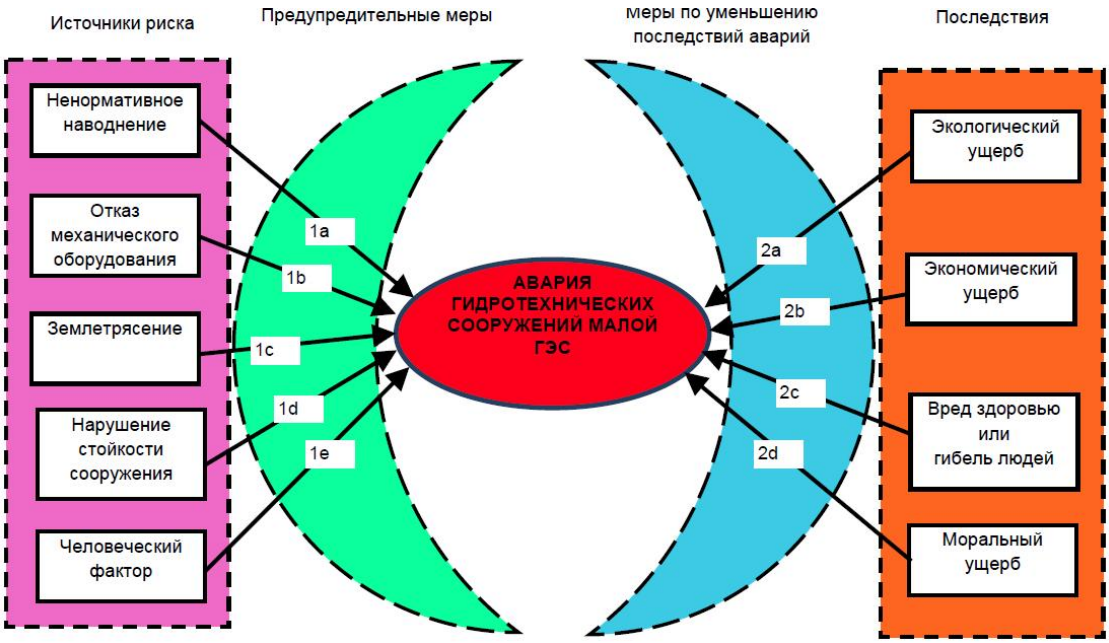


Рис. 2. Диаграмма «галстук-бабочка» причин и последствий аварии малой ГЭС

Для Белопорожской ГЭС, являющейся предметом работы, вероятностный риск аварии получился:

$$Pa(\text{МГЭС}) = 0,5\,erfc\left[\beta \frac{\ln(D/Dl)}{\ln(Dp/Dl)}\right] = 0,5\,erfc\left[\frac{2\ln\left(\frac{0,034}{0,5}\right)}{\ln\left(\frac{0,15}{0,5}\right)}\right] = \qquad (9)$$

$$= 0,5\,erfc\left(4,46\right) = 0,5 \cdot 0,0002 = 0,0001 = 1 \cdot 10^{-4} (1/\text{год}).$$

Суммарный риск, исходя из определенного в процессе расчетов негативных последствий от реализации аварии получился:

$$R = Pa(\text{МГЭС}) \sum Y = 1 \cdot 10^{-4} 1/\text{год} \cdot 4188126\,\text{руб.} = 418,8126\,\text{руб/год} . \qquad (10)$$

Таким образом, была рассчитана вероятность возникновения аварии Белопорожской ГЭС и ущерб от ее реализации и оценили общий суммарный риск

аварии по основному сценарию А1 (проран грунтовой плотины). Разработанная процедура может быть использована для оценки рисков аварии малых ГЭС, при декларировании безопасности ГТС III-IV классов опасности. Вероятность аварии составила $1 \cdot 10^{-4}$ 1/год, что соответствует нормам допустимого риска в соответствии с СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» для 3 класса гидротехнических сооружений. Суммарный ущерб составил 4 186 126 руб. Причем ущерб в данном случае по большей части будет нести собственник объекта. Общий суммарный риск составил 418,8126 руб./год.

С учетом полученных результатов, можно сделать вывод о том, что низкое значение риска аварии свидетельствует о безопасности объекта и его соответствию нормам промышленной безопасности. Данный результат также может быть использован при обосновании экономической эффективности, что безусловно является важной составляющей при обосновании экономической выгоды.

Суммируя полученные результаты, можно констатировать следующее: выявлены современные научные подходы в области гидротехнических сооружений, внедрено понятие ДНВ и были применены данные методики для создания поэтапной процедуры оценки рисков малых ГЭС. Результатом работы является механизм, позволяющий определить численную вероятность возникновения аварийной ситуации и увязать ее с допустимым риском, установленным в соответствии с нормативными документами в области промышленной безопасности [3]. На основе полученных результатов автором было разработано типовое дерево отказов для объектов малой гидроэнергетики [4–10].

Литература

1. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 № 117-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/, своб.
2. Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности. – Изд-во «ДАР/ВОДГЕО». – М., 2009. – 64 с.
3. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200094156, своб.
4. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. – 2-е изд. / Под ред. Е.Н. Беллендира, Н.Я. Никитиной. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2005. – С. 20–25.
5. Rowe W.D. An anatomy of risk. – N.-J.: John Wiley and Sons.Inc, 1977. – 488 p.
6. Fell R. Essential Components of Risk Assessment for Dam Safety Evaluations. Trondheim, Norway. – NNCOLD-CanCOLD-ICH, 1997.
7. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293815/4293815180.pdf, своб.
8. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водного хозяйства и промышленности. – М.: НИИ ВОДГЕО, 2002. – 44 с.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – Введен 01.12.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 70 с.
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vniigochs.ru/index.php/produktsiya-i-uslugi/programmno-tekhnicheskij-kompleks-ptk-smis-rschs, своб.



Некрасова Ольга Алексеевна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № U4230
Направление подготовки: 34.04.02 – Менеджмент
e-mail: oly_nekrass@mail.ru

УДК 338.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ПРОЦЕССЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Некрасова О.А.
Научный руководитель – д.э.н., профессор Сергеева И.Г.

Специфичность структуры и функционирования малых инновационных предприятий (МИП) диктует потребность в экспресс-методах оценки рисков для последующей работы с ними, которые будут просты в использовании, понятны участникам проекта, не имеющим экономическое образование, и, наконец, показательными и эффективными [1–5].

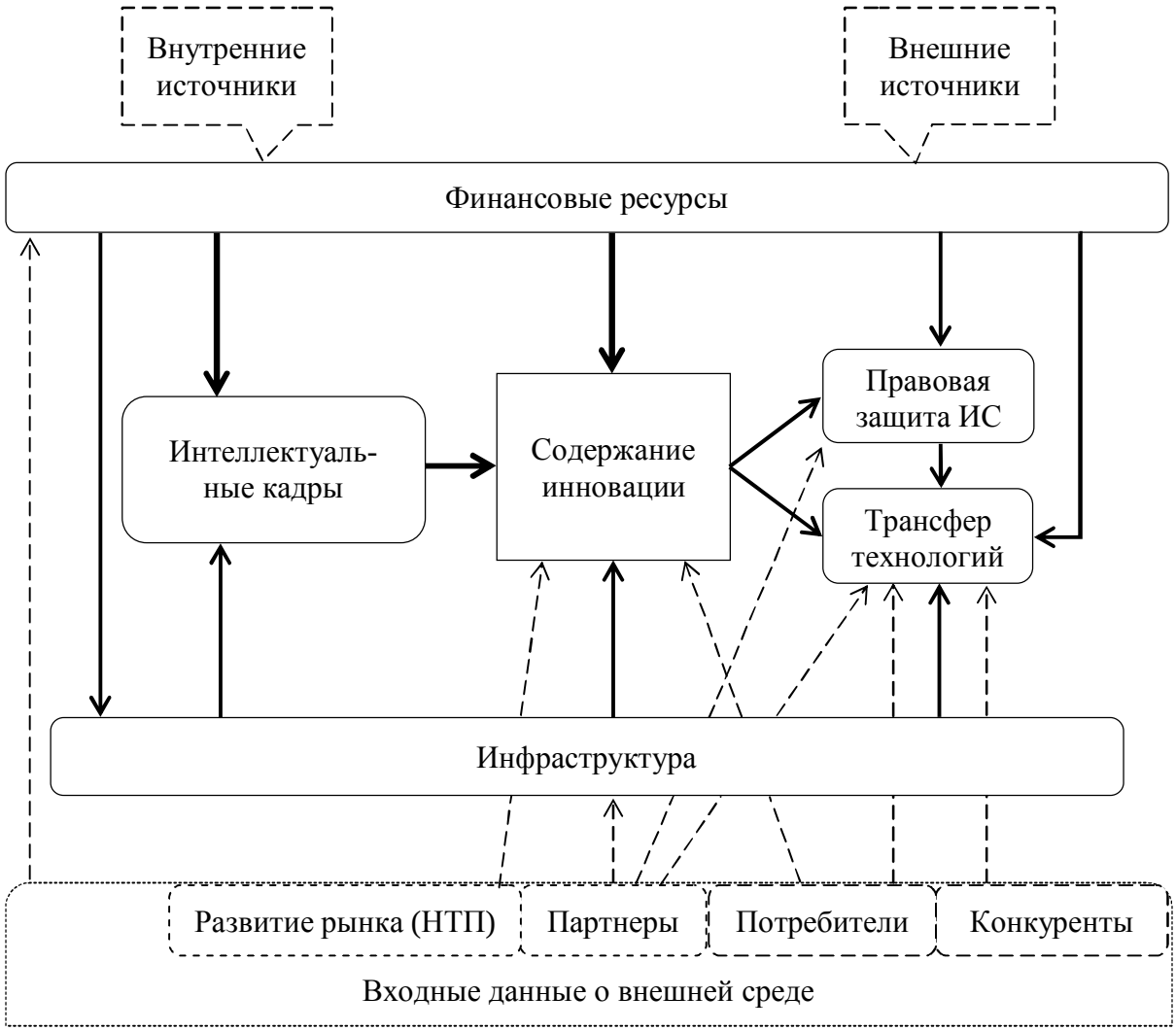


Рис. 1. Схема шестифакторной модели идентификации рисков

В работе предлагается разработанная авторская шестифакторная модель идентификации рисков (рис. 1). Предполагается, что обсуждение данных факторов будет проходить по методу «мозгового штурма» среди участников МИПа.

Данная модель подразумевает анализ шести выделенных и имеющих влияние друг на друга рискообразующих факторов реализации любого инновационного проекта с учетом входных данных о внешней среде.

В центре модели находится содержание инновации – ключевой элемент любого инновационного проекта. Для генерации и последующей работы с идеей необходимы специфические человеческие ресурсы – высококвалифицированные кадры.

Вместе с тем для обеспечения мотивирования интеллектуальных кадров денежным вознаграждением требуются финансовые ресурсы, которые по источнику формирования могут быть разделены на:

– внутренние (собственный капитал, резервные фонды, нераспределенная прибыль);
– внешние (заемный капитал, инвесторы, спонсоры, государственные гранты).

Данные факторы образуют некую базу инновационного проекта, в которой сосредоточено большинство рисков ввиду того, что освоение инноваций находится на самом начальном этапе и отделено большим промежутком времени от коммерциализации результатов и масштабирования готового инновационного продукта – обеспечения стабильного роста прибыли от внедрения на рынке.

Далее немаловажным фактором является наличие необходимой рабочей среды, удобной и эффективной инфраструктуры, в качестве которой могут выступать инкубаторы, технологические парки, центры трансфера технологий и т.д. Следует уделить внимание тому факту, что инфраструктура способствует, как и привлечению интеллектуальных кадров в проект, так и созданию благоприятных условий для рабочей деятельности – в виде, например, предоставления некоторого оборудования для исследований, прототипирования, производства инновационного продукта, а также в качестве центра аккумуляции знаний.

Фактор правовой защищенности интеллектуальной собственности (ИС) заключается в потребности своевременного и правильного юридического оформления результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в виде подачи документов на получение патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы; авторских прав на программное обеспечение (ПО) и др.

Фактор трансфера технологий предполагает непосредственную коммерциализацию РИД – передача готового инновационного продукта по выбранной стратегии продвижения конкретному потребителю из определенного целевого сегмента рынка, чьи нужды удовлетворены, а проблемы решены благодаря новшеству.

Таким образом, использование данной модели позволит выявить специфические риски того или иного проекта с точки зрения основных рискообразующих факторов.



Рис. 2. Классификационная матрица инновационных рисков по степени вероятности и влияния

Далее следует классифицировать и провести оценку выявленных рисков. Автором предлагается использование разработанной классификационной матрицы рисков по степени вероятности и влияния (рис. 2), так как не все инновационные риски имеют одинаковую вероятность или степень тяжести. Применение данной матрицы также предполагает использование метода «мозгового штурма» среди участников МИП.

Игнорируемые риски (низкая степень вероятности и влияния) не создают необходимости траты ресурсов на их управление. Например, риск попадания в пробку по пути на важную встречу с инвестором несет в себе некоторую угрозу зарекомендовать себя с отрицательной стороны, но с другой стороны, всегда есть возможность объяснить возникшую ситуацию и принести свои извинения.

Страхуемые риски (низкая степень вероятности, высокая степень влияния) имеют высокий потенциал воздействия, но с малой долей вероятности. Данные риски могут быть предотвращены с помощью страхования. Это становится актуальным, когда преимущества страхования, скорее всего, перевешивают издержки. Например, тщательная подготовка и своевременная подача документов для участия в конкурсе, проводимом венчурным фондом; своевременная регистрация патента на новый продукт или технологию.

Предотвращаемые риски (высокая степень вероятности, низкая степень влияния) в силу низкой степени влияния затрудняют деятельность, но являются предотвратимыми. Например, утрата информации, хранимой только на бумажном носителе или технический сбой в работе компьютера и, как следствие, потеря важной информации имеют под собой причину в недальновидности или недостаточной проработанности или подготовке. В таком случае требуется создание резервных ресурсов или мощностей с тем, чтобы в случае внезапного возникновения неблагоприятных обстоятельств процесс разрешения непредвиденных ситуаций был гибким, а последствия не отражались на инновационном процессе.

Существенные, но требующие управления риски (высокая степень вероятности и влияния) несут в себе основную угрозу для всего инновационного процесса, поскольку они являются слишком дорогостоящими, чтобы их застраховать, но и просто игнорировать их нельзя или избежать из-за их тяжести.

Рассматриваемая матрица предназначена для целей оценки величины (уровня) того или иного риска, уже входящего в сформированный на этапе идентификации рисков, что будет являться частью следующего этапа в системе управления рисками – оценки рисков. Игнорируемые риски опускаются и удаляются из общего профиля, как несущественные.

Далее автором предлагается еще один разработанный метод оценки рисков с точки зрения их взаимосвязи и взаимном влиянии друг на друга – сетевая матрица взаимосвязей рисков (рис. 3) – через условное обозначение $P_{1...n}$ и визуальное отображение степени влияния одного риска на другой через использование трех различных размеров толщины стрелок, обозначающих воздействие, или трех цветов: зеленый (или желтый) – низкая степень влияния; оранжевый – средняя степень влияния; красный – высокая степень влияния.

Обоснованием потребности данного метода оценки служит данность того, что реализация одного риска имеет потенциальную опасность последствий в виде реализации другого риска, что обусловлено функционированием инновационного проекта как единой экосистемы, где одни микропроцессы подвержены и сами оказывают влияние на другие, что еще больше усложняется стохастическим влиянием со стороны внешней среды.

Для использования данного метода потребуется ввести два лингвистических обозначения одной и той же стрелки с точки зрения одного рассматриваемого риска:

– исходящее воздействие (исходящая стрелка) – отображает влияние рассматриваемого риска на другой риск;
– входящее воздействие (входящая стрелка) – отображает факт влияния другого риска на рассматриваемый риск.

Таким образом, один и тот же риск характеризуется и входящим воздействием, и исходящим в зависимости от того, в отношении какого риска рассматривается воздействие. На рис. 3 у Риска-1 (P_1) имеются 2 исходящие стрелки; у Риска-2 (P_2) – 1 входящая стрелка и 3 исходящих стрелки; у Риска-3 (P_3) 1 входящая стрелка и т.д. все стрелки отличаются толщиной в зависимости от степени влияния одного риска на другой.

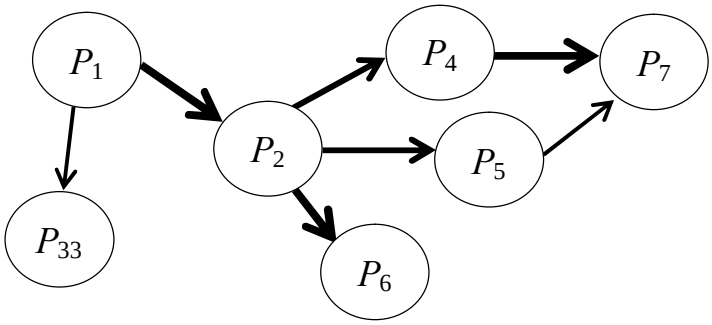


Рис. 3. Схематичное представление сетевой матрицы взаимосвязей рисков

Алгоритм использования данного метода заключается в построении такой сетевой матрицы и формировании вывода на основе анализа визуализации связей – стрелок: те риски, которые имеют больше всего исходящих стрелок, будут являться наиболее опасными с точки зрения их влиятельности на возникновение других рисковых ситуаций. Среди рисков с одинаковым количеством исходящих стрелок опасный риск будет иметь наибольшее число стрелок с большой толщиной, или в цветовом эквиваленте – красных и оранжевых стрелок.

Те риски, которые имеют больше всего входящих стрелок, будут являться наиболее вероятными, поскольку к их реализации ведут различные другие риски. Чем больше стрелок с большой толщиной (красных или оранжевых) – тем выше вероятность осуществления рисковой ситуации.

Рекомендуется обратить влияние одновременно на те, и на другие риски с наибольшим числом исходящих и входящих связей с тем, чтобы снизить опасность рисков и их вероятность.

Также предлагается использовать результаты использования классификационной матрицы рисков (рис. 2), но с использованием визуализации взаимовлияния рисков – размер кружка существенных рисков отобразить большим размером или утолщенной границей кружка.

Таким образом, результаты объективной вероятности рисков будут совмещаться с результатами вероятности реализации риска под влиянием других, что будет давать наиболее точную картину.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – Введен 01.12.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 26 с.

2. Качалов Р.М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. – М.; СПб.: Нестор-История, 2012. – 248 с.
3. Федотова Г.В., Манченко Т.А. Особенности оценки инновационных рисков // Финансы и кредит. – 2011. – № 10(442). – С. 52–62.
4. Altin Kadareja Internal and Hidden Risks of Innovation Projects [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.innovationmanagement.se/2013/07/15/internal-and-hidden-risks-of-innovation-projects/, своб.
5. Dionne G. Risk Management: History, Definition, and Critique // Risk Management and Insurance Review. – 2013. – № 16. – P. 147–166.



Николаева Елена Георгиевна
Год рождения: 1993
Институт дизайна и урбанистики, группа № С4203
Направление подготовки: 27.04.07 – Наукоемкие технологии и экономика инноваций
e-mail: ygalt9@mail.ru

УДК 65.011.42

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «ДИЗАЙН-МЫШЛЕНИЕ» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КАДРОВОГО РЕЗЕРВА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Николаева Е.Г.
Научный руководитель – к.социол.н., доцент Ненько А.Е.

В кадровой политике за последнее время произошли серьезные изменения, которые полностью согласуются со стратегией развития организации. На данном этапе развития рыночной экономики, мы наблюдаем дефицит квалифицированной рабочей силы в сфере производства и технического перевооружения, обеспечивающей качественное развитие предприятий, а соответственно и повышение уровня жизни населения. Важным является то, что сложившаяся на данный период времени работа в области управления человеческими ресурсами на большинстве промышленных предприятий носит традиционный командно-административный характер, который во многом препятствует стабильному функционированию, росту и развитию организации. В настоящее время усовершенствование организационных систем и повышение эффективности бизнес-процессов постепенно меняют свое направление в сторону человека, занятого трудовой деятельностью. Именно этот подход вызывает большой интерес у современных исследователей и предпринимателей, постепенно становится более многосторонним, комплексным, творческим и перспективным.

Основная ценность метода «дизайн-мышление» – ориентация не на потребности бизнес-организации, а на нужды конечных пользователей. Для успеха современных организаций необходимо непрерывное улучшение качества продукции и бизнес-процессов на основе обратной связи. Метод «дизайн-мышление» помогает создать новые формы взаимодействия с пользователями, выявить и разработать новые подходы для удовлетворения их потребностей. Главной особенностью дизайн-мышления, в отличие от аналитического мышления, является не критический анализ, а творческий процесс, в котором порой самые неожиданные идеи ведут к лучшему решению проблемы.

М.А. Дундарь определяет кадровый резерв как систему, направленную на работу с сотрудниками, потенциально способными выполнять более квалифицированную или связанную с управленческими функциями деятельность, указывая при этом, что кадровый резерв – это не только обучение (развитие), но и эффективная ротация, мотивация персонала и многое другое [1]. Ю.А. Полетаева и И.Н. Тихонова считают, что кадровый резерв представляет собой многоуровневый процесс внутреннего рекрутинга, включающий: информирование сотрудников о вакансиях, проведение внутреннего конкурса, составление рекомендаций по кадровым перемещениям, дополнительному обучению и включению кандидатов на повышение в базу данных [2]. В ходе проектных мероприятий были проведены анализ и исследование практических примеров использования данного метода российскими и зарубежными компаниями, приведенные в работах М.М. Михеевой [3], Хассо Платтнера, Кристофа Мейнеля и Ларри Лифера [4].

Для разработки проектного предложения системы планирования кадрового резерва на оборонном предприятии ОАО «Машиностроительный завод «Арсенал», были проанализированы основные экономические и материально-технические показатели деятельности организации. В результате исследования, было принято решение о необходимости разработки и проведения проекта формирования системы планирования кадрового резерва с помощью метода «дизайн-мышление» с направленностью сервис-ориентированного подхода.

На этапе метода «дизайн-мышление» определения проблемы (предварительные исследования) была применена технология поисковых исследований, которая позволила оформить полученную информацию всех стадий планирования кадрового резерва с помощью диаграммы связей, или интеллект-карты mind-map, представленной на рис. 1.

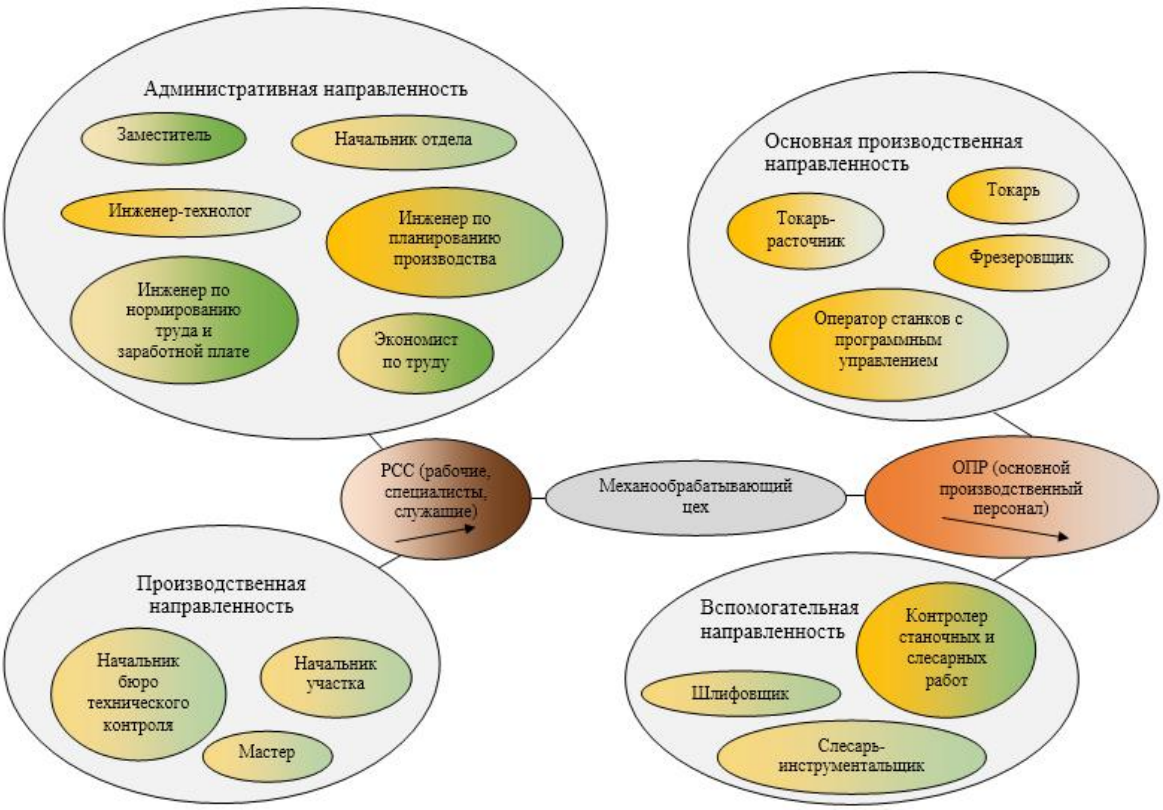
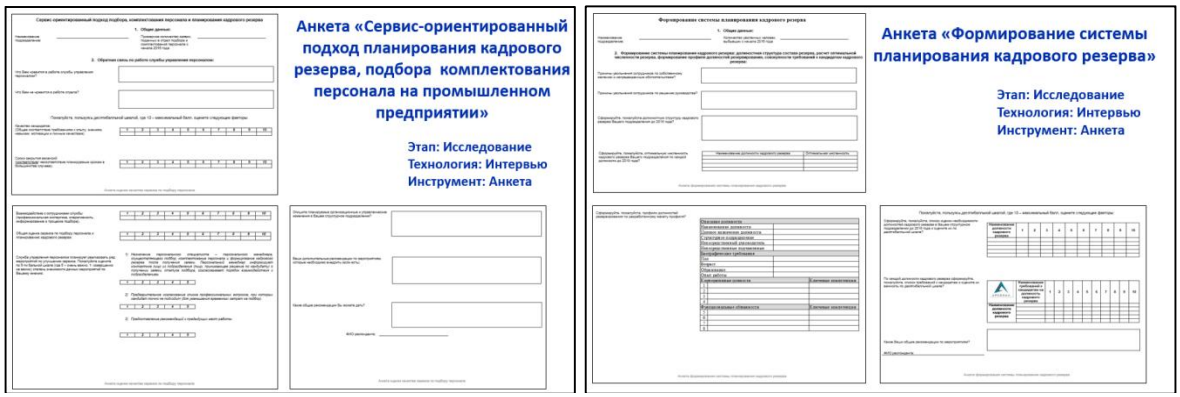


Рис. 1. Интеллект-карта (mind-map) на стадиях планирования кадрового резерва механообрабатывающего цеха

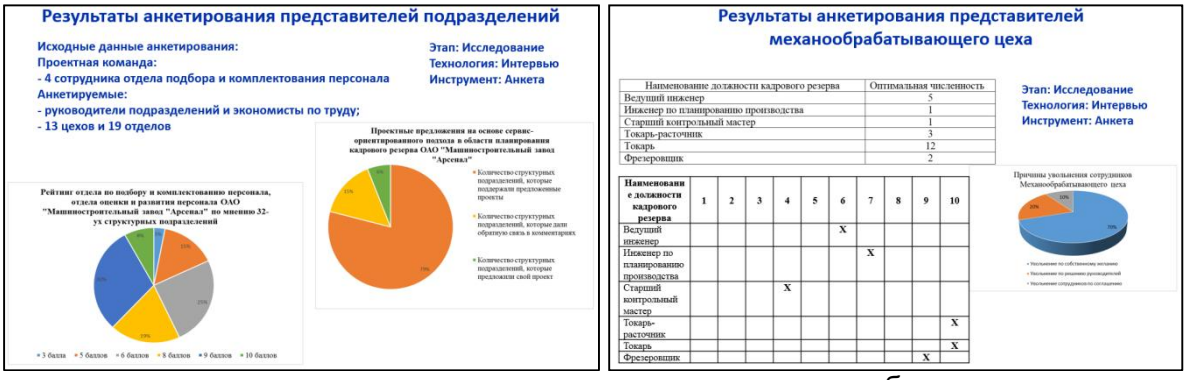
Второй этап дизайн-мышления – исследования (углубленные исследования) начинается с технологии интервью. В процессе разработки проекта была сформирована и внедрена в работу база бланков анкетирования, после заполнения которых, были получены определенные результаты, которые послужили первым этапом для организации мероприятий по повышению эффективности службы управления персонала. Разработанные бланки анкет представлены на рис. 2.



а б

Рис. 2. Анкеты: «Сервис-ориентированный подход подбора, комплектования персонала и планирования кадрового резерва» (а) и «Формирование системы планирования кадрового резерва» (б)

Результаты анкетирования представлены в качестве информационных карт на рис. 3.



Наименование должности кадрового резерва	Оптимальная численность
Ведущий инженер	5
Инженер по планированию производства	1
Старший контрольный мастер	1
Токарь-расточник	3
Токарь	12
Фрезеровщик	2

Наименование должности кадрового резерва	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ведущий инженер						X				
Инженер по планированию производства							X			
Старший контрольный мастер				X						
Токарь-расточник										X
Токарь										X
Фрезеровщик									X	

а б

Рис. 3. Результаты анкетирования: «Сервис-ориентированный подход подбора, комплектования персонала и планирования кадрового резерва» (а) и «Формирование системы планирования кадрового резерва» (б)

Следующим инструментарием технологии интервью является формирование контекстных информационных (эмпатических карт) или «полярных шкал». Персональным менеджером №1, ответственным за проведение проектной работы была проведена классификация и анализ различных параметров системы планирования кадрового резерва – от существующей, до запланированной – с использованием полярных шкал. Слева на схеме, представленной в качестве рис. 4 – существующая система планирования кадрового резерва, в запущенном состоянии, преобладающая на многих промышленных предприятиях, справа – разрабатываемая система планирования кадрового резерва, с использованием сервис-ориентированного подхода. До реализации проекта – оранжевая вертикаль слева, запланировано для проекта – зеленая вертикаль справа.

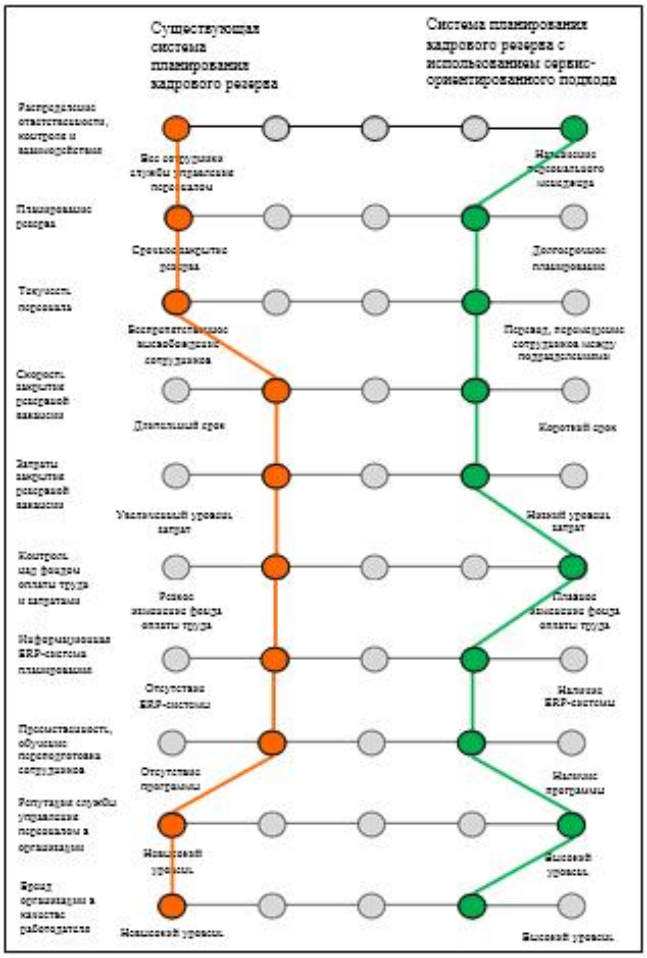


Рис. 4. Формирование полярных шкал при анализе систем планирования кадрового резерва

В данной работе была изучена проблема применения метода «дизайн-мышление» для управления проектом разработки систем планирования кадрового резерва и отсутствие инновационных разработок в области кадрового планирования с целью повышения показателей эффективности системы планирования кадрового резерва крупных промышленных предприятий. В контексте промышленного дизайна и инжиниринга было проанализировано понятие HR-инжиниринга, позволяющего рассматривать систему планирования кадрового резерва с точки зрения построения определенной структуры, архитектуры связей и процессов. Основной задачей, рассматриваемой в рамках работы, являлась исследовательская деятельность в области разработки архитектуры инновационной системы планирования кадрового резерва, на примере крупного промышленного предприятия ОАО «Машиностроительный завод «Арсенал».

Исходя из целей работы, была разработана система планирования кадрового резерва на основе структурного подразделения промышленного предприятия с использованием метода «дизайн-мышление». В ходе работы была проанализирована российская и зарубежная литература относительно рассматриваемого предмета работы, проведено исследование практического применения метода «дизайн-мышление» в области проектов для разработки их инновационной направленности, применение данного метода в области управления человеческими ресурсами. В результате была сформирована матрица практического применения дизайн-мышления с описанием этапов, технологий и инструментария. Следующим шагом была разработка и описание методологии дизайн-мышления в области планирования

кадрового резерва с формированием определенных способов и инструментария относительно создания практического эксперимента. Заключительным этапом работы стала разработка проектного предложения системы планирования кадрового резерва посредством метода «дизайн-мышление» на примере определенного структурного подразделения крупного промышленного предприятия ОАО «Машиностроительный завод «Арсенал», анализ результатов исследования, эффективности проектного предложения и перспективы его развития.

Литература

1. Дундарь М.А. Кадровый резерв как эффективный инструмент управления персоналом // Управление развитием персонала. – 2008. – № 02(14). – С. 104–111.
2. Полетаева Ю.А., Тихонова И.М. «Живой источник», или работа с кадровым резервом // Справочник кадровика. – 2006. – № 6. – С. 109–116.
3. Михеева М.М. Современные методы в дизайне. Методическое указание по курсу «Основы теории и методологии проектирования в промышленном дизайне». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 104 с.
4. Plattner H., Meinel Ch., Leifer L. Design Thinking Research: Measuring Performance in Context. – Springer, 2012. – 304 p.



Орлова Ольга Петровна
Год рождения: 1993
Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № U4238
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: mukhaol@yandex.ru

УДК 338.1

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Орлова О.П.
Научный руководитель – д.э.н., профессор Сергеева И.Г.

Актуальность темы работы обусловлена увеличением роли инновационной деятельности в экономике России и повышением ее конкурентоспособности. Повысить инновационную активность планируется за счет инновационной деятельности российских организаций. В связи с этим управление инновационным развитием становится основой планирования деятельности организаций, направляющим вектором ведения бизнеса в долгосрочной перспективе [1–4].

Разработка стратегии инновационного развития (СИР) организации ориентирует ее деятельность на запросы потребителей, позволяет оперативно реагировать на изменения, своевременно внедрять инновации, добиваться конкурентных преимуществ и повышения рентабельности предпринимательской деятельности. Таким образом, СИР определяет приоритеты инновационного развития и пути их достижения за счет разработки и внедрения инноваций. В результате чего обеспечивается высокий уровень качества производства и управления на предприятии.

В условиях недостаточности финансирования СИР повышают инвестиционную привлекательность организаций. Инвестиции являются основой для реализации инновационного потенциала предприятий. Инвесторы прогнозируют оживление экономического роста и потребительского спроса в России после двухлетней рецессии. По данным Emerging Portfolio Fund Research (EPFR) Global из 22 глобальных развивающихся рынков Россия является наиболее перспективным в 2017 году. Такая тенденция свидетельствует о благоприятной среде для инвестиционного проектирования и установления долгосрочных стратегических целей инновационного развития организаций.

Инновационная активность выступает в роли катализатора инновационной деятельности, обеспечивает прибыльность и устойчивый рост бизнеса. От уровня инновационной активности главным образом зависят стратегические цели инновационного развития организации.

Вышеперечисленные аспекты свидетельствует о том, что изучение вопросов разработки СИР относится к ряду актуальных и практически значимых задач экономической науки. На современном этапе стратегического управления в области инноваций важным является оценка эффективности СИР организации.

Степень научной разработанности проблемы. Изучению сущности инновационного развития организаций посвящено множество трудов отечественных и зарубежных авторов: Дж. Барни, П. Друкер, С.Ю. Глазьев, Н.Д. Кондратьев, А. Клайнкнехт, Г. Менш, Л.Г. Раменский, П. Слоун, А.Дж. Стрикленд, Б. Твисс, А.А. Томпсон, М. Хариоока, А. Файоль, Х. Фризевинкель, К. Фримен, Й. Шумпетер, Ю.В. Яковец.

Создание концепций стратегического менеджмента принадлежит российским и зарубежным ученым: Г. Аллисон, Б. Альстранд, Л.В. Василёнок, М. Вебер, А.А. Голубев, Ф. Котлер, Дж. Куинн, Ж. Лампель, Ч. Линдблом, Р. Майлс, Д. Миллер, Г. Минцберг, Р. Норманн, М. Портер, Э. Ренман, Г. Саймон, К. Сноу, Н.И. Усик, М. Ханнан, А. Чандлер, Г. Эстли.

Разработкой методов выбора и адаптацией СИР занимаются отечественные и зарубежные авторы: И. Ансофф, Бауэр-Бургельман, И.А. Бланк, О. Виханский, Т.В. Гениберг, Р. Грант, Н.А. Иванова, Р. Каплан, С. Кузнецова, В. Маркова, О.В. Полякова, Д. Нортон, Б. Хендерсон, К. Эндрюс.

Таким образом, предметом исследования большинства современных российских экономистов является выбор стратегии для конкретных предприятий, а не создание универсальной методики разработки и анализа СИР. В связи с этим есть дальнейший потенциал к совершенствованию теоретических и методических разработок, раскрывающих вопросы управления эффективностью СИР организации.

Целью исследования является разработка СИР, основанного на использовании модели сбалансированной системы показателей (ССП).

В соответствии с поставленной целью определены и выполнены следующие задачи:

- на основе анализа современных концепций и методов разработки инновационных стратегий выявить тенденции в области инновационного стратегического менеджмента;
- обозначить место и роль инновационной стратегии в деятельности организации в долгосрочной перспективе;
- определить факторы влияния и их взаимосвязь на выбор СИР малых инновационных предприятий (МИП);
- обосновать рекомендации по выбору СИР МИП;
- предложить систему оценки эффективности СИР для МИП с целью выявления оптимального уровня показателей для успешной деятельности организации.

Научная ценность исследования заключается в следующем:
- выявлена и обоснована необходимость разработки СИР на МИП;
- разработана ССП по оценке эффективности СИР на МИП;
- разработана и апробирована модель выбора эффективной СИР на МИП.

Объектом исследования является процесс разработки СИР организации.

Предметом исследования являются методы оценки эффективности СИР.

Теоретическая значимость работы состоит в исследовании сущности и этапов инновационного развития организации. Результаты работы способствуют расширению методологической базы в области стратегического менеджмента, что позволяет дополнить представление о механизмах оценки эффективности инновационных стратегий. Вследствие этого они могут применяться в будущих исследованиях, направленных на изучение особенностей инновационных стратегий по управлению малыми предприятиями.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенные методы оценки эффективности могут быть использованы при разработке СИР на МИП. Это способствует развитию малого инновационного предпринимательства в России и повышению конкурентоспособности предприятий, ведущих инновационную деятельность.

Основная часть. На современном этапе инновации и инновационная деятельность приобретают особое значение для успешной финансово-хозяйственной деятельности коммерческих организаций. Целью внедрения инноваций является повышение рентабельности и конкурентоспособности организации в долгосрочной перспективе. Все большее количество организаций разрабатывает СИР. Именно поэтому разработка СИР сохраняет свою значимость и делает необходимым изучение вопросов определения ее эффективности.

На основе детального анализа трудов российских и зарубежных экономистов по теме стратегический менеджмент выявлены основные подходы к разработке стратегии. В исследовании определена роль инновационной стратегии, как одной из важнейших функциональных стратегий ввиду необходимости следованию по инновационному пути развития. Инновационная деятельность является сложным процессом, который обеспечивается высокой инновационной активностью, оптимизацией бизнес-процессов, грамотным управлением персоналом и ресурсами предприятия, соответствием оказываемых услуг запросам потребителя.

Исходя из зарубежного опыта, МИП могут стать драйвером инновационной активности в России. Государство способствует развитию малого инновационного предпринимательства, наиболее успешными государственными инструментами поддержки стали Фонд содействия инновациям и Российская венчурная компания (РВК). Примером развивающегося МИП типичного для своей отрасли служит ООО «Пищевые технологии и оборудование», грантополучатель Фонда содействия инновациям, числиться при Университете ИТМО.

Определена и обоснована необходимость разработки стратегии развития МИП с целью повышения их конкурентоспособности в России и за рубежом. Разработана и предложена к использованию методика определения эффективности СИР МИП в условиях российского рынка на основе ССП. В ходе анализа деятельности МИП выделены ключевые показатели, которые влияют на эффективность стратегии развития. С помощью приема «каскадирование показателей» установлены причинно-следственные связи между показателями следующих составляющих: «финансы», «клиенты и маркетинг», «бизнес-процессы», «персонал и системы», «инновационность». Инновационная активность оказывает наибольшее влияние на рентабельность, стоимость МИП, лояльность потребителей.

ССП дает разностороннюю оценку СИР малых организаций. ССП учитывает особенности МИП, инновационный потенциал и выделяет особую важность инновационной активности организации. На базе анализа ССП рассмотрена задача принятия решения о выборе эффективной СИР в условиях ограниченных ресурсов МИП. Математическая модель представлена в виде интегрального показателя эффективности СИР организации.

Апробация результатов исследования. Данный метод прошел апробацию на МИП ООО «Пищевые технологии и оборудование». Использование данного метода позволяет определить эффективность СИР и сформирует полноценную базу для принятия решения об утверждении стратегии и внедрения ее на предприятии. Полученные результаты могут быть полезны руководителям МИП при формировании долгосрочных стратегических планов и поиске инвестирования.

Литература

1. Голубев А.А., Варламов Б.А. Структура и проблема организации инновационного процесса // Экономика и экологический менеджмент. – 2015. – № 3. – С. 254–261.
2. Глазьев С.Ю., Фетисов Г.Г. О стратегии устойчивого развития экономики России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2013. – № 1. – С. 23–35.
3. Thompson A.A. Jr., Strickland A.J. Strategic Management: Concepts and Cases. – McGraw-Hill, 2007. – P. 328.
4. Dr. Vöpel H. and Dr. Wolf A. BDO International Business Compass. – HWWI, 2016. – P. 12.



Перегудин Алексей Алексеевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра управления сложными системами, группа № Р4239
Направление подготовки: 15.04.06 – Мехатроника и робототехника
e-mail: zeekless@mail.ru

УДК 681.511.46

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ

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

Существующие на сегодняшний день алгоритмы управления перевернутым маятником можно разделить на два класса: алгоритмы стабилизации маятника в окрестности неустойчивого положения равновесия и алгоритмы приведения маятника из произвольного положения в область стабилизации – последние также называются алгоритмами раскачки. На текущий момент известно два основных подхода к раскачке маятника: энергетический метод и метод feedforward-управления [1, 2]. Энергетический метод обладает параметрической робастностью, однако при использовании этого метода цель управления в любой конечный момент времени может достигаться лишь приближенно, а переходные

процессы оказываются существенно колебательными. При использовании feedforward-управления переходные процессы получаются более плавными, цель управления достигается за конечное время, однако параметрическая робастность практически отсутствует. В настоящей работе предложена робастная модификация feedforward-управления, позволяющая осуществлять приведение перевернутого маятника из произвольного положения в положение вертикальной стабилизации при наличии параметрических и сигнальных возмущений. Таким образом, в настоящей работе впервые рассмотрен вопрос робастного управления перевернутым маятником на стадии поднятия при условии достижения цели управления за конечное время.

Объект управления представляет собой жесткое звено (маятник), закрепленное на подвижном основании (тележка). Один конец маятника закреплен на тележке таким образом, что маятник может вращаться в вертикальной плоскости на 360°. Тележка движется вдоль прямой, лежащей в плоскости вращения маятника, под действием управляющей силы F. Схематичное представление объекта управление приведено на рис. 1.

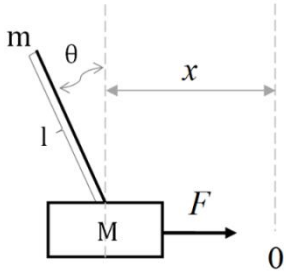


Рис. 1. Перевернутый маятник на тележке

Динамика объекта управления описывается системой из двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} \ddot{x}(M+m) - ml\ddot{\theta}\cos\theta + ml\dot{\theta}^2\sin\theta = u \\ l\ddot{\theta} - g\sin\theta - \ddot{x}\cos\theta = 0, \end{cases}$$

где M – масса тележки; m – масса маятника; l – длина маятника; θ – угол отклонения маятника от вертикали; x – горизонтальное смещение тележки; $u \triangleq F$ – сила, приложенная к тележке. Значения постоянных параметров приведены в таблице.

Таблица. Параметры объекта управления

Параметр	M	m	l	g
Значение	3,4 кг	0,147 кг	0,351 м	9,81 м/с^2

Для поиска эталонной траектории движения тележки, не зависящей от массы маятника, вводится величина

$$\varphi \triangleq -g\tan\theta + \frac{(M+m)g\tan\theta - ml\dot{\theta}^2\sin\theta}{M + m\sin^2\theta} + \frac{1}{M + m\sin^2\theta}u,$$

выступающая при разработке регулятора в роли виртуального управления.

При выполнении работы была поставлена задача осуществить поднятие маятника из нижнего положения в верхнее за конечное время T и реализовать его дальнейшую стабилизацию при наличии параметрических возмущений объекта и сигнальных возмущений в канале управления; а также исследовать робастность полученной системы при наличии ограничений $T \le 2{,}5$ с, $L \le 0{,}4$ м, $u(t) \le 50$ Н, где $L = \left| x_{\max} - x_{\min} \right|$ – диапазон движения тележки.

В ходе выполнения работы было проведено сравнение различных программных сигналов $\tilde{\varphi}(t)$, осуществляющих поднятие маятника, т.е. отвечающих выполнению граничных условий

$$\theta(0) = -\pi,\ \dot{\theta}(0) = 0,\ x(0) = 0,\ \dot{x}(0) = 0,\ \theta(T) = 0,\ \dot{\theta}(T) = 0,\ x(T) = 0,\ \dot{x}(T) = 0.$$

Всего было рассмотрено более 70 различных эталонных сигналов, как полиномиальных

$$\tilde{\varphi}(t) = a_0 + a_1\left(\frac{t}{T}\right) + a_2\left(\frac{t}{T}\right)^2 + \ldots + a_n\left(\frac{t}{T}\right)^n,$$

так и тригонометрических

$$\tilde{\varphi}(t) = a_0 + a_1\cos\frac{\pi t}{T} + a_2\cos\frac{2\pi t}{T} + \ldots + a_n\cos\frac{n\pi t}{T}.$$

Неопределенные параметры сигналов найдены с использованием методов численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Даны рекомендации по выбору эталонного сигнала для различных целевых условий. Произведено сравнение найденных эталонных сигналов по диапазону движения тележки и максимальному сигналу управления, примеры сравнения приведены на рис. 2. В качестве эталонного сигнала выбран полиномиальный сигнал, соответствующий поднятию маятника за время T=1,1 с.

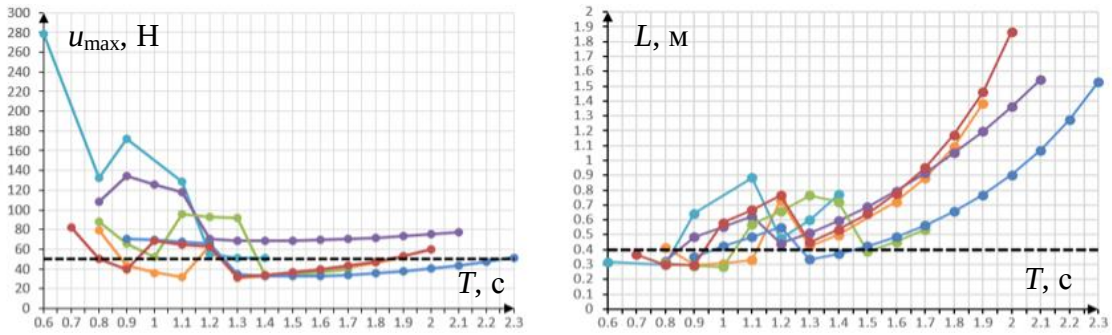


Рис. 2. Сравнение характеристик различных эталонных сигналов

Для реализации рассчитанной эталонной траектории в условиях параметрических и сигнальных возмущений предложен новый алгоритм управления, представляющий собой робастную модификацию feedforward-управления. Схема предлагаемой робастной модификации представлена на рис. 3.

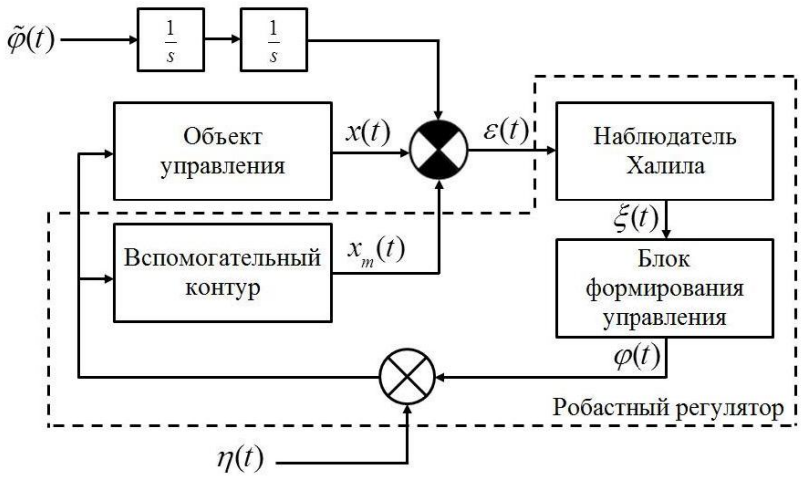


Рис. 3. Схема робастной модификации feedforward-управления

Для реализации слежения за эталонной траекторией в условиях параметрической и сигнальной неопределенности введен вспомогательный контур:

$$\ddot{x}_m(t) + 2\dot{x}_m(t) + x_m(t) = \alpha\varphi(t),$$

где $\alpha \in \mathbb{R}^+$ – настраиваемый параметр, характеризующий жесткость регулятора.

Далее на основе сигнала рассогласования

$$\varepsilon(t) = \left(x(t) - x_m(t) - \frac{1}{s^2}\left[\tilde{\varphi}(t)\right] \right),$$

при помощи наблюдателя Халила

$$\begin{bmatrix} \dot{\xi}_1(t) \\ \dot{\xi}_2(t) \\ \dot{\xi}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1(t) \\ \xi_2(t) \\ \xi_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -100 \\ -10000 \\ 0 \end{bmatrix} \left(\xi_1(t) - \varepsilon(t) \right),$$

сформирован физически реализуемый закон управления

$$\varphi(t) = -\alpha^{-1}\left(\xi_3(t) + 2\xi_2(t) + \xi_1(t) \right) \text{ [3, 4].}$$

Для стабилизации маятника после поднятия используется оптимальный линейно-квадратичный регулятор (LQR), формирующий закон управления

$$\varphi = -R^{-1}B^T P\boldsymbol{q},$$

доставляющий минимум функционалу качества

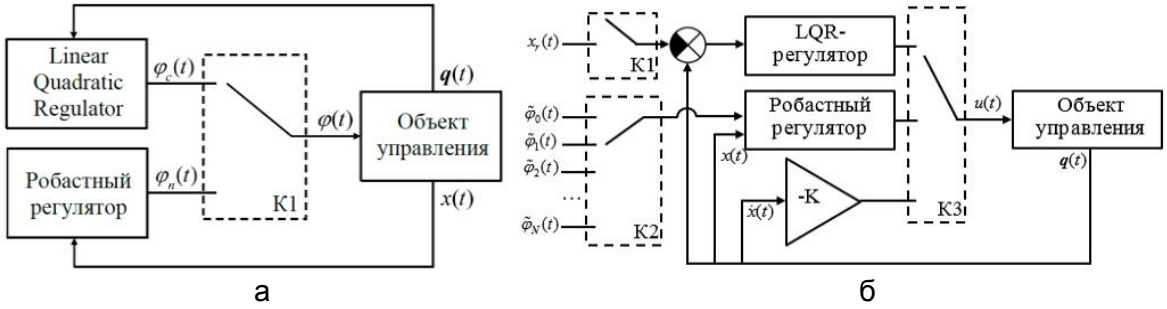
$$J = \int_0^\infty (\boldsymbol{q}^T Q\boldsymbol{q} + R\varphi^2)dt = \int_0^\infty (\theta_1^2 + \theta_2^2 + x_1^2 + x_2^2 + \varphi^2)dt.$$

Матрица P найдена как решение соответствующего уравнения Риккати

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0,$$

для получения которого исходная система была линеаризована около верхнего положения равновесия.

Агрегированная система состоит из двух регуляторов и закона коммутации, осуществляющего переключение между поднимающим и стабилизирующим управлением. На рис. 4, а представлена схема агрегированной системы.



а б

Рис. 4. Схемы системы управления: агрегированной (а) и глобально устойчивой (б)

В работе также предложен вариант реализации глобально устойчивой системы управления на основе робастной модификации feedforward-управления, позволяющий осуществлять повторное приведение маятника в положение стабилизации в том случае, если он был выведен из него в результате воздействия сильного внешнего возмущения. Предложенная в работе схема управления представлена на рис. 4, б.

Предложенная схема управления позволяет редуцировать размерность пространства заранее рассчитанных программных траекторий до одномерного, что существенно снижает вычислительные затраты при программировании регулятора.

На рис. 5–7 представлены результаты моделирования системы управления в номинальном режиме, при наличии неизвестной нагрузки на маятник Δm=1 кг, а также при наличии ограниченных сигнальных возмущений на стадии поднятия.

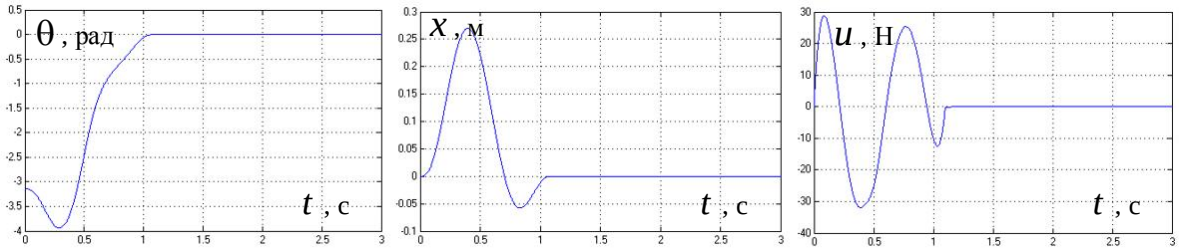


Рис. 5. Поднятие маятника в номинальном режиме

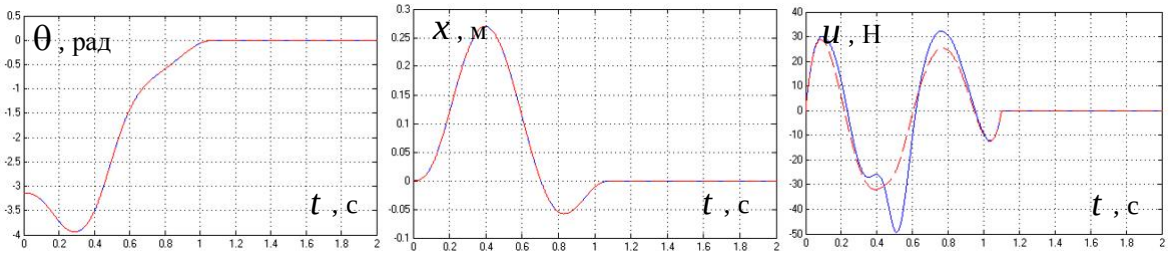


Рис. 6. Поднятие маятника при наличии параметрических возмущений

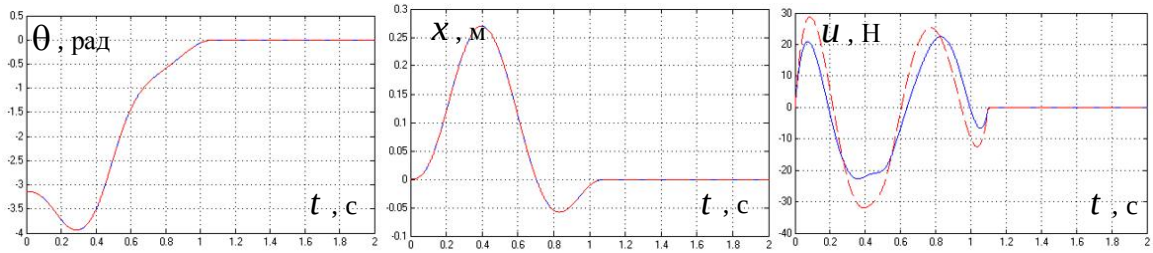


Рис. 7. Поднятие маятника при наличии возмущений в канале управления

В результате работы был предложен алгоритм управления перевернутым маятником на подвижном основании, позволяющий осуществлять поднятие маятника и его дальнейшую стабилизацию при наличии неизвестных параметрических и сигнальных возмущений. Решена задача поиска эталонной программной траектории при наличии ограничений на выходную переменную и сигнал управления. Даны рекомендации по выбору траекторий, удовлетворяющих различным целевым условиям. Предложен алгоритм глобальной стабилизации перевернутого маятника на тележке, построенный по принципу feedforward-управления с применением робастного регулятора. Описана логика переключений управляющих воздействий.

Литература

1. Astrom K.J., Furuta K. Swinging up a pendulum by energy control // Automatica. – 2000. – V. 36. – P. 278–285.
2. Graichen K., Treuer M., Zeitz M. Swing-up of the double pendulum on a cart by feedforward and feedback control with experimental validation // Automatica. – 2007. – V. 43(1). – P. 63–71.
3. Цыкунов А.М. Алгоритмы робастного управления с компенсацией ограниченных возмущений // Автомат. и телемех. – 2007. – № 7. – С. 103–115.
4. Khalil H.K., Praly L. High-gain observers in nonlinear feedback control // International journal of robust and nonlinear control. – 2014. – V. 24. – P. 993–1015.



Полякова Алена Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № А4205
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: polyak.alyona@yandex.ru

УДК 53.089.62, 543.087.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЬНЫХ РАЗБАВИТЕЛЕЙ

Полякова А.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустиков Ю.А.

В последнее время все большее внимание уделяется контролю аэрозолей естественного и антропогенного происхождения. Это технологический контроль чистоты воздуха промышленных помещений в микроэлектронике, медицинской, химической и пищевой промышленности; измерения с целью санитарно-гигиенического контроля на предприятиях, имеющих повышенное содержание пыли в воздухе рабочей зоны; определение запыленности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения [1–5].

Большое влияние аэрозолей на качество выпускаемой продукции, обеспечение взрыво-пожаробезопасности и здоровье населения обуславливают требования высокой достоверности результатов измерений.

На сегодняшний день парк применяемых для этих целей приборов и оборудования весьма обширен. Однако многообразие и различия физико-химических свойств аэрозольных частиц далеко не всегда позволяют обеспечить корректные измерения. Так, для расширения возможностей и областей применения средств измерений нередко возникает необходимость снижения концентраций аэрозоля. Для этих целей используются аэрозольные разбавители.

Несмотря на широкое использование такого рода устройств, их влияние на конечный результат измерений на сегодняшний день изучено достаточно слабо. Более того, отсутствуют нормативные документы, определяющие технические требования к разбавителям и порядок их применения.

В рамках данной работы были проведены исследования в лаборатории государственных эталонов и научных исследований в области измерений параметров дисперсных сред ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, которые позволили выбрать способы определения и оценки коэффициентов разбавления аэрозольных разбавителей различных типов.

Целью работы являлось исследование технических характеристик аэрозольных разбавителей для оценки неопределенности результатов измерений счетной концентрации аэрозольных частиц, вносимых разбавителями различных типов.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- проведен анализ литературных источников;
- изучены типы и принципы работы аэрозольных разбавителей и счетчиков аэрозольных частиц;
- выполнен сравнительный анализ технических характеристик аэрозольных разбавителей, подлежащих исследованиям;
- разработана методика экспериментальных исследований;

– проведены экспериментальные исследования;
– выполнена обработка результатов измерений;
– осуществлена оценка неопределенностей, вносимых аэрозольными разбавителями в результаты измерений.

Алгоритм проведения экспериментальных исследований

1. Выбор материала для распыления. Создание тестовой суспензии.
2. Сбор установки по схеме (рис. 1).

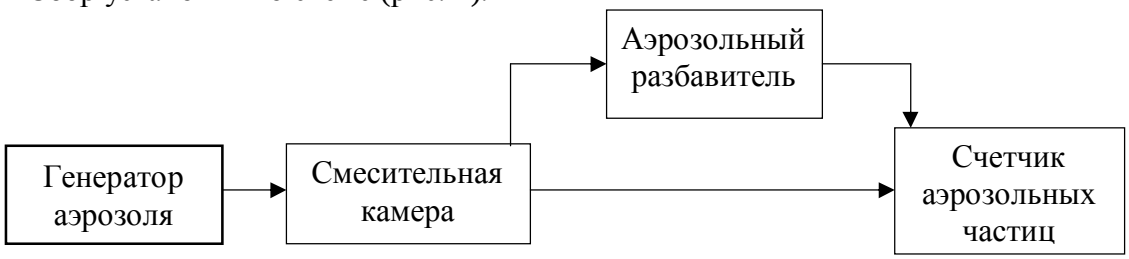


Рис. 1. Схема установки

3. Подготовка установки к работе, а именно: продуть смесительную камеру потоком чистого воздуха в течение 30 мин. Прогреть приборы. Подключить установку к линии подачи азота высокого давления. Отрегулировать объемный расход генератора на осушителе до значения 11 дм^3/мин.
4. Залить тестовую суспензию в распылитель и поместить в генератор аэрозоля.
5. Заглушить вход и выход на разбавителе.
6. Запустить генератор, подождать, пока концентрация стабилизируется.
7. Зафиксировать значение начальной концентрации.
8. Заглушить линию, ведущую на счетчик, а через разбавитель, наоборот, освободить.
9. Произвести измерение счетной концентрации после разбавителя и зафиксировать.
10. Заглушить вход и выход разбавителя и произвести контроль начальной концентрации.
11. Таким образом произвести измерения на разных концентрациях, максимально охватывающих диапазон измерений счетчика.

На рис. 2 представлено необходимое оборудование для проведения эксперимента.



Рис. 2. Оборудование необходимое для проведения эксперимента

Для проведения исследования коэффициента разбавления потребовалось дополнительное оборудование и сырье:
– система очистки воды;
– стандартные образцы;
– генератор аэрозоля;
– смесительная камера.

Методика выполнения исследований. Метод исследования заключается в параллельном подключении счетчика и аэрозольного разбавителя для последовательного измерения счетной концентрации без разбавителя и с ним, для наиболее точного расчета коэффициента разбавления.

Условия измерений. Измерения должны производиться при следующих условиях:
- температура окружающей среды, °С: (22±3);
- атмосферное давление, кПа: от 91 до 105;
- относительная влажность воздуха, %: от 30 до 80.

Параметры тестовой аэродисперсной среды:
- дисперсная фаза: частицы монодисперсного полистирольного латекса;
- дисперсионная среда: чистый воздух или азот N_2.

Подготовка к выполнению измерений. Перед приготовлением тестовой суспензии необходимо ополоснуть дистиллированной водой используемую посуду и дозаторы, затем дозаторы встряхнуть, чтобы на стенках наконечника не оставалось капелек воды.

Для создания тестовой суспензии дозатором отбирается 50 мл дистиллированной воды, затем в нее добавляется СО Д050. Перед вскрытием флакон со стандартным образцом необходимо встряхнуть не менее 1 мин. Отбор СО производится одноканальной пипеткой переменного объема ThermoScientific. Затем бутыль была плотно закрыта и промаркирована.

Таким образом, были приготовлены три тестовых суспензии с разными значениями счетной концентрации, специально для каждого счетчика частиц.

Распылитель перед использованием тщательно промыть, ополоснуть дистиллированной водой и высушить.

Перед использованием камеры необходимо провести ее продувку чистым воздухом. Подключить СИ к центральному выходному штуцеру КС и провести продувку камеры в течение 30 мин. Произвести измерение счетной концентрации аэрозоля в КС с помощью СИ. Продувку можно считать оконченной, если показания счетчика в интегральном режиме по диапазону 0,3 мкм не превышает 10000 частиц/м^3. Если показания РЭ превышают указанное значение, то продувка продолжается циклами по 30 мин.

Перед началом измерений проверяется давление газа в линии подачи азота.

Выполнение измерений. Тестовая суспензия помещается в генератор аэрозолей. На расходомере выставляется значение 11 дм^3/мин и измеряется начальная концентрация, в зависимости от действительного и желаемого значений концентраций можно увеличивать или уменьшать интенсивность распыления. После того, как концентрация достигла стабильного значения, оно фиксируется, после этого подключается разбавитель и также после стабилизации фиксируется значение разбавленной концентрации. Далее процедура повторяется с изменением концентраций, типов разбавителей и счетчиков.

Оценка результатов измерений. Эксперимент с разбавителем GRIMM VKL-mini показал, что отклонение коэффициента разбавления зависит от счетной концентрации частиц и их размера, также установлены отличия действительных коэффициентов разбавления у двух каскадов с одинаковым номинальным коэффициентом разбавления.

Осуществлена проверка влияния аэрозольного разбавителя на стабильность дисперсного состава пробы. Результаты показали, что отклонения процентного соотношения фракций на входе и выходе разбавителя не превышают 5%.

Проведено исследование коэффициента разбавления в ходе которого выяснилось, что действительный коэффициент разбавления не соответствует номинальному. Было рассчитано относительное отклонение, максимальное значение которого для VKL-mini составило 35%, а для DDS 560 – 211%.

Расчет показал, что использование градуировочного коэффициента позволяет снизить отклонение от номинального значения коэффициента разбавления.

При использовании аэрозольного разбавителя необходимо контролировать его технические характеристики, а именно коэффициент разбавления. Необходимо, что бы контроль осуществлялся по ключевому параметру, в нашем случае это – счетная концентрация частиц, и при необходимости вводить градуировочный коэффициент, чтобы снизить неопределенность получаемого результата.

Учитывая, что в ряд приборов, установок и комплексов аппаратуры устанавливаются те или иные системы разбавления, необходимо на этапе испытаний такого измерительного оборудования дополнительно включать в программы испытаний процедуры контроля систем разбавления с целью оценки эффективности их функционирования.

Литература

1. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 664 с.
2. Васильева И.Е., Таусенев Д.С., Бусько А.Е., Землянко П.В., Шабанова Е.В., Забанов Ю.А., Манохина С.Н. Изучение гранулометрического состава порошков стандартных образцов природных сред // Стандартные образцы. – 2015. – № 1. – С. 39–50.
3. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – Л.: Химия, 1969. – 116 с.
4. Райст П. Аэрозоли. – М.: Мир, 1987. – 216 с.
5. Беляев С.П., Никифорова Н.К., Смирнов В.В., Щелчков Г.И. Оптико-электронные методы изучения аэрозолей. – М.: Энергоиздат, 1981. – 232 с.



Савенков Сергей Федорович
Год рождения: 1966
Институт международного бизнеса и права,
кафедра интеллектуальной собственности и управления инновациями, группа № О4221
Направление подготовки: 27.04.05 – Инноватика
e-mail: savenkovsergej@yandex.ru

УДК 34.096

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ПРАВОВОЙ ОХРАНЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СОЗДАННЫХ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА

Савенков С.Ф.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Перекислов В.Е.

Работа представляет собой полностью законченное, логически выстроенное и выполненное на высоком профессиональном уровне исследование, в котором раскрываются актуальные вопросы и решаются задачи, связанные с насущными проблемами современной правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, созданных в ходе выполнения работ по государственному оборонному заказу [1–6].

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списков сокращений и условных обозначений, терминов, литературы и приложения.

Во введении раскрываются актуальность выбранной темы, научная и практическая значимость исследования, определяются основные цели и задачи работы, а также объект и предмет исследования.

В первой главе рассматривается общая характеристика возникновения и реформирования правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, при этом выявляются основные тенденции и закономерности такой охраны применительно к России и зарубежным странам. Исторически рассматриваемый период охватывает достаточно большой временной интервал, начиная с появления отдельных элементов правовой охраны до настоящего времени.

Вторая глава посвящена исследованию вопросов возникновения, развития и реформирования патентно-правовой охраны как в зарубежных странах, так и в России, с учетом необходимости правовой охраны служебных результатов интеллектуальной деятельности. Автор приходит к выводу, что современное патентное право является комплексной специфической подотраслью права, регулирующей отношения между создателями (авторами), правообладателями и пользователями результатов интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере. При этом результаты интеллектуальной деятельности, получившие патентную охрану, оказывают существенное влияние на конкурентоспособность товаров и услуг не только в коммерческой деятельности, но и в развитии и совершенствовании вооружения и военной техники.

В третьей главе, на основе анализа статистических материалов за 2012–2016 гг., собранных автором, выявлена общая проблема несовершенства механизмов правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, созданных в ходе выполнения государственного оборонного заказа. Выявленная проблема состоит в несогласованности сроков принятия решения о правовой охране, а также в неопределенности субъектного состава участников правоотношений и распределения интеллектуальных прав между ними. Предлагается решение данной проблемы, характерной в настоящее время для научно-исследовательских организации Минобороны России.

Новые пути и направления совершенствования сложившейся в Минобороны России системы правовой охраны изобретений, предлагаемые автором, состоят в изменение действующего порядка получения правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, созданных при выполнении государственных контрактов по государственному оборонному заказу. Суть предлагаемых изменений состоит во внесении новых положений в российские нормативные правовые акты, а именно:

– в ст. 1373 Гражданского кодекса РФ («Изобретение, полезная модель, промышленный образец, созданные при выполнении работ по государственному или муниципальному контракту»);
– в главу 3 «Основные права и обязанности государственного заказчика, головного исполнителя, исполнителя» Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе»;
– в главу 2 «Формирование основных показателей государственного оборонного заказа» Постановления Правительства РФ «О правилах разработки государственного оборонного заказа и его основных показателей» от 26 декабря 2013 г. № 1255;
– в «Положение о примерных условиях государственных контрактов (контрактов) по государственному оборонному заказу», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2013 г. № 1275;
– в «Инструкцию о порядке правовой охраны результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, принадлежащих Российской

Федерации, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации», утвержденную первым заместителем Минобороны России 8 декабря 2011 г. № 186/4/3373.

Автор с позиций собственного практического опыта работы в рассматриваемой сфере достаточно подробно и комплексно освещает проблемы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности в Минобороны России. Несомненным достоинством работы является демонстрация профессиональных компетенций автора как самостоятельного исследователя, который может последовательно составить программу научной работы, провести поиск и обработку аналитических баз данных.

Об этом свидетельствует ряд публикаций в научных журналах.

Заслуживают положительной оценки предложения автора, связанные с кардинальным изменением действующего механизма возникновения правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (вместо уведомления заказчика о создании результата интеллектуальной деятельности автор предлагает уведомлять заказчика о начале процедуры получения правовой охраны), и предложения по сокращению временных сроков получения соответствующей правовой охраны.

Также интересно предложение автора о включении в государственный контракт условий о материальном стимулировании научной деятельности предприятия в зависимости от суммы контракта. Предложен новый подход к стимулированию исполнителя по созданию новых технических решений уже на этапе подготовки к заключению государственного контракта. Предложенный подход основан на изменении взаимоотношений «заказчик – исполнитель».

В результате проведенных исследований автор пришел к выводу, что в целях повышения эффективности выполнения государственного оборонного заказа в настоящее время целесообразно создание единой системы управления интеллектуальной собственностью, которая должна функционировать на основе нормативно-правовой базы, удобной, полной и удовлетворяющей потребностям научно-исследовательских организаций Минобороны России.

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч. 4. – М.: Омега-Л, 2016. – 571 с.
2. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил осуществления государственными заказчиками управления правами Российской Федерации на результаты интеллектуальной деятельности гражданского, военного, специального и двойного назначения» от 22 марта 2012 г. № 233 (ред. от 30.05.2013 г. № 458) // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 14.
3. Постановление Правительства РФ «О примерных условиях государственных контрактов (контрактов) по государственному оборонному заказу» от 26 декабря 2013 г. № 1275 (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.09.2015 г. № 923).
4. Постановление Правительства РФ «Правила разработки государственного оборонного заказа и его основных показателей» от 26 декабря 2013 г. № 1255 (в ред. Постановления Правительства РФ от 03.12.2014 г. № 1298).
5. Федеральный закон «О государственном оборонном заказе» от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ (с изм. от 28.12.2016 г. № 471-ФЗ).
6. Инструкция о порядке правовой охраны результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, принадлежащих Российской Федерации, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации: утв. первым заместителем министра обороны РФ от 8 дек. 2011 г. № 186/4/3373.



Садовников Иван Александрович
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: Ivsadovnikov@yandex.ru

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА СМЕТАННОГО СОУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МУКИ ГРИБОВ ВЕШЕНКА

Садовников И.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Евстигнеева Т.Н.

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

Целью государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации является ликвидация пищевых веществ, среди которых особое место принадлежит белкам [1]. По данным института питания РАМН, начиная с 1992 года, потребление белков животного происхождения сократилось на 30%, что плохо сказывается на уровне жизни населения. В связи с этим в последнее время широко разрабатываются и внедряются на рынок продукты питания, обогащенные данными пищевыми нутриентами [2].

В качестве перспективного сырья для обогащения пищевых продуктов белковой составляющей являются растительные компоненты [3]. Важную роль в удовлетворении потребностей человека в белке могут сыграть протеины грибов, поскольку организму человека необходим широкий спектр эссенциальных нутриентов, в том числе белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и др., а они как раз содержатся в грибах. Так, в сушеных грибах вешенка содержание белка варьируется от 16 до 25%, который сбалансирован по аминокислотному составу. Также вешенка отличается высоким содержанием витаминов группы В, РР, С, пищевыми волокнами и минеральными веществами [4].

Цель работы – разработка состава и технологии сметанного соуса с мукой грибов вешенка. Для осуществления поставленной цели были сформулированы следующие задачи: изучить физико-химические свойства муки грибов вешенка; обосновать рациональную дозу грибной муки; выбрать вид и определить дозу пищевой добавки, стабилизирующей структуру продукта; разработать рецептуру готового продукта; изучить хранимоспособность сметанного соуса и составить проект технической документации на сметанный соус.

В качестве объектов исследования были: мука грибов вешенка; различные белковые концентраты (БК) животного и растительного происхождения; образцы сметанного соуса с грибной мукой и структурообразующим компонентом.

На начальном этапе работы определяли рациональную дозу внесения муки грибов вешенка исходя из физико-химических и органолептических показателей. В ходе исследования было установлено, что внесение грибной муки активизирует процесс кислотонакопления в смеси. Органолептические показатели образцов отображены на рис. 1.

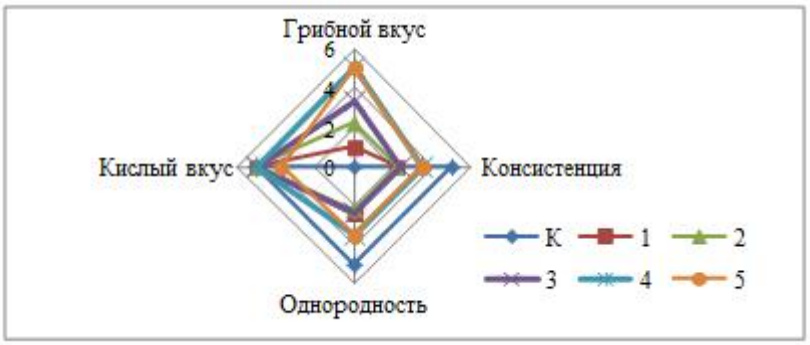


Рис. 1. Органолептические показатели опытного и контрольного образцов

Исходя из полученных данных видно, что добавление наполнителя в количестве 5% способствовало получению в продукте кислого вкуса. В связи с этим в качестве рациональной была принята доза муки грибов вешенка 4%. Также, внесение грибной муки ухудшило консистенцию готового продукта, следовательно, необходимо подобрать в рецептуру такую добавку, которая будет стабилизировать структуру готового продукта.

Так как основная цель исследования состоит в обогащении продукта белковой составляющей, поиск стабилизирующего компонента проводили среди нескольких видов БК, а именно сравнивали по влагоудерживающей способности казеин, лактогель, изоляты сывороточного ($ИС_{сыв}Б$) и соевого (ИСБ) белков, а также концентрат сывороточного белка (КСБ).

На рис. 2 представлены данные по влагоудерживающей способности БК.

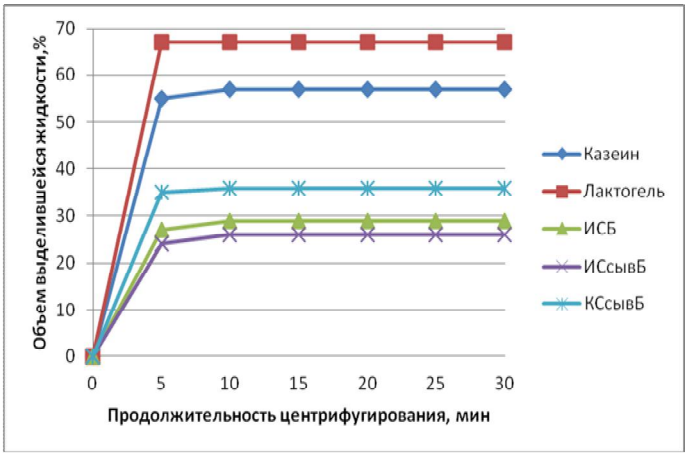


Рис. 2. Влагоудерживающая способность БК

Установлено, что среди изученных БК в наибольшей влагоудерживающей способностью обладали $ИС_{сыв}Б$ и ИСБ.

На последующем этапе работы изучили, какая из исследованных добавок более предпочтительна для сметанного соуса (СС). В ходе проведения эксперимента подготавливали образцы сливочно-растительных смесей с $ИС_{сыв}Б$ и ИСБ с массовой долей 1–5%, м.д. жира 10%.

Отмечено, что внесение $ИС_{сыв}Б$ и ИСБ интенсифицирует процесс кислотонакопления в сливочно-растительных смесях. По-видимому, в БК содержатся компоненты, благотворно влияющие на развитие микрофлоры закваски.

Как и ожидалось, внесение БК способствовало повышению способности готовых продуктов удерживать сыворотку, однако добавление ИСБ в количестве 5% и $ИС_{сыв}Б$ в количестве 4 и 5% способствовало получению в продукте излишне густой консистенции и кислого вкуса. В связи с этим лучшие результаты показали два

продукта: сметанный соус с добавлением ИСБ в количестве 4% и СС с добавлением $ИС_{сыв}Б$ в количестве 3%. Для того, чтобы определить, какой из БК подходит лучше для готового продукта была разработана бальная оценка СС (рис. 3).

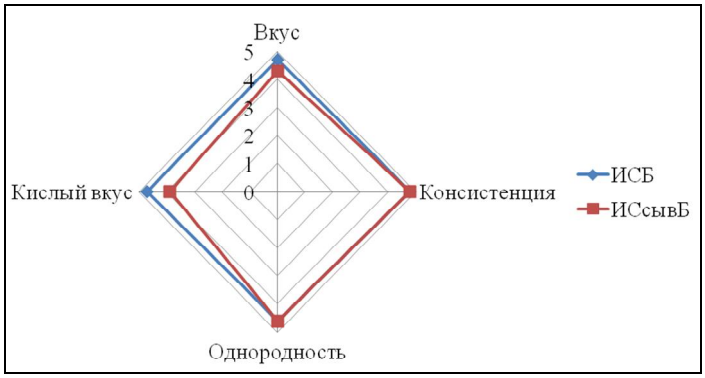


Рис. 3. Органолептическая оценка СС с различными БК

Как видно из рис. 2, лучший результат показал готовый продукт с ИСБ. В связи с этим в качестве стабилизатора для СС выбран ИСБ, а рациональной принято считать дозу 4%.

На следующем этапе работы был определены физико-химические и органолептические показатели СС в процессе хранения.

Готовые продукты подвергались исследованиям на 1, 3, 5, 7,11 и 13 сутки. На каждом этапе хранения определяли органолептические показатели готовых продуктов (табл. 1) и физико-химические показатели (табл. 2).

Таблица 1. Физико-химические показатели СС в процессе хранения

Контролируемый параметр	Продолжительность хранения, сутки					
	1	3	5	7	11	13
Титруемая кислотность, °Т	114	114	114	114	117	125
Активная кислотность, ед. pH	4,78	4,78	4,78	4,78	4,69	4,58

Таблица 2. Органолептические показатели СС в процессе хранения

Контролируемый параметр	Продолжительность хранения, дней					
	1	3	5	7	11	13
Вн. вид и консистенция	Однородная густая масса по всей поверхности продукта с частицами грибов					Отделение сыворотки
Вкус и запах	Грибной вкус, с послевкусием сои, без посторонних привкусов и запахов					Кислый вкус
Цвет	Бежевый, равномерный по всей массе					Бежевый

Стоит отметить, что 11 суток образцы практически не меняли своих органолептических и физико-химических свойств. Однако на 13 день данные показатели ухудшились. Так, у продуктов появился кислый вкус, наблюдалось отделение сыворотки, что сказалось на консистенции СС и контрольного образца.

Проанализировав результаты, приведенные в таблицах, можно сказать, что в течение 11 суток продукт сохранял свои свойства. Однако, поскольку срок годности продукта рассчитывается с учетом коэффициента запаса, который равен 1,3, то срок хранения СС равен 8 суткам.

Основные результаты работы:

– установлена возможность применения муки грибов вешенка при производстве СС;

– установлено, что внесение грибной муки активизирует процесс кислотонакопления при сквашивании сливочно-растительных смесей;
– в результате сравнительной оценки физико-химических и органолептических показателей различных БК растительного и животного происхождения в качестве стабилизатора структуры продукта выбранизолят соевого белка;
– установлено, что внесение ИСБ также активизирует процесс кислотонакопления при сквашивании сливочно-растительных смесей и способствует повышению влагоудерживающей способности готового продукта;
– срок хранения СС с мукой грибов вешенка не должен превышать 8 суток;
– разработан проект технической документации на СС с мукой грибов вешенка.

Результаты исследований, проведенных в работе, показывают перспективность использования муки грибов вешенка в обогащенном белком СС.

Литература

1. Шендеров Б.А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» // Пищевая промышленность. – 2003. – № 5. – С. 4–6.
2. Антипова Л.В., Паничкин Д.В. Возможность исследования рыбного сырья в продуктах для функцуионального питания // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2009. – № 1. – С. 25–26.
3. Доценко В.А. Лечебно-профилактическое питание // Вопросы питания. – 2001. – № 1. – С. 21–25.
4. Троян З.А., Русанова Л.А., Корастилева Н.Н., Юрченко Н.В. Новые виды грибных консервов // Пищевая промышленность. – 2008. – № 6. – С. 55.



Семяшкина Юлия Викторовна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № В4240
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: lulyok13_mail@mail.ru

УДК 535.212

РАЗРАБОТКА СВЕТОДИОДНОГО АППАРАТА ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Семяшкина Ю.В.
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Беликов А.В.

Одним из активно развивающихся оптических малоинвазивных методов является фотодинамическая терапия (ФДТ) – фототерапия с применением фотосенсибилизатора (ФС), в качестве которого используется поглощающий свет краситель. В результате фотодинамической терапии атипичные клетки или микроорганизмы (грибы) селективно разрушаются. Список заболеваний, которые можно лечить с помощью фото- и фотодинамической терапии, постоянно расширяется и охватывает такие разделы медицины, как: онкология, гинекология, дерматология, косметология, неврология, психология, стоматология.

Онихомикоз – инфекционное заболевание ногтей грибковой этиологии. Перспективным методом лечения этого заболевания является ФДТ, при нем срок лечения по сравнению с традиционными методами (срок лечения до 1 года) существенно сокращается.

Актуальность темы работы связана со значительным распространением данного заболевания (заболеваемость до 20% населения [1]) и заключается в необходимости сокращения сроков лечения.

Цель работы – разработка светодиодного аппарата для ФДТ грибковых заболеваний.

В ходе выполнения работы был выполнен обзор литературы, касающейся природы онихомикоза и современных методов его лечения. Он показал, что при системной и местной терапии онихомикоза сроки лечения достигают полутора лет, и при этом нужно соблюдать режимный прием препаратов. Традиционное системное лечение является очень токсичным, долгим и дорогим.

Для уменьшения сроков лечения грибковых заболеваний (онихомикоза) ногтя, для уменьшения токсичности лечения и положительного конечного результата необходимо использовать новый современный метод лечения – ФДТ, которая основана на возбуждении фотоактивного агента светом, в результате которого, возбужденный фотоактивный агент вызывает окислительные реакции, которые приводят к разрушению патогенных клеток в организме [2]. Анализ литературы показал, что оптимальная ФДТ онихомикоза ногтя возможна при использовании в качестве ФС радахлорина и источника света с длиной волны 660±10 нм и интенсивностью не выше 200 мВт/см^2. При превышении 200 мВт/см^2 возникает гипертермия кожи.

На рынке существуют лазерные и светодиодные аппараты для ФДТ. Лазерные аппараты достаточно дороги, а интенсивность, создаваемая светодиодными аппаратами значительно ниже 200 мВт/см^2, либо длина волны их излучения существенно отличается от 660±10 нм, либо площадь облучаемой поверхности меньше площади, занимаемой пальцами ног стопы человека и т.д.

В настоящей работе выполнено оригинальное антропологическое исследование и установлены оптимальные для ФДТ онихомикоза форма и размер облучаемой поверхности – 2×6×6=72 см^2 и 2×6×8=96 см^2.

В работе для ФДТ онихомикоза выбран светодиод OSLON LH CP7P производства OSRAM-OS (длина волны 660±10 нм, световая мощность 0,365 Вт). При 100% эффективности системы транспортировки для достижения 200 мВт/см^2 на облучаемой поверхности необходимо от 20-ти (облучаемая площадь 36 см^2) до 28-и (облучаемая площадь 48 см^2) светодиодов.

С помощью утилиты Surface source property generator входящей в программу TracePro 7.0 разработана модель единичного светодиода. Далее в программе TracePro 7.0 рассчитано распределение интенсивности, создаваемое 28-ю светодиодами на облучаемой поверхности расположенной на различном расстоянии от светодиодной платы.

В результате оптического моделирования установлено, что без использования специальных средств транспортировки (фокусировки, преобразования и т.д.) излучения на расстоянии 50 мм от светодиодной платы достигается безопасный уровень интенсивности 160 мВт/см^2, однако в этом случае распределение существенно неравномерно. Уменьшение расстояния до 40 мм приводит к превышению максимально допустимой интенсивности равной 200 мВт/см^2 в центре облучаемой поверхности.

В программе TracePro 7.0 выполнен оптимизационный расчет распределений интенсивности света, позволивший сформулировать основные параметры (размеры,

углы, форму) зеркальной системы транспортировки светодиодного излучения. Показано, что распределение интенсивности света, созданное с помощью оптимизированной системы транспортировки на поверхности, расположенной на расстоянии 50 мм от излучающей поверхности светодиодов является достаточно равномерным, а интенсивность в любой точке поверхности составляет 170±20 мВт/см^2.

В программе SolidWorks разработана конструкторская документация аппарата для фотодинамической терапии онихомикоза. Изготовлены элементы конструкции и выполнена сборка макета аппарата. Внешний вид макета светодиодного аппарата для фотодинамической терапии грибковых заболеваний представлен на рис. 1.

Выполнены тепловые и оптические технические испытания макета. Радиатор каждого из излучателей в разрабатываемом светодиодном аппарате для ФДТ онихомикоза доступен для контакта с оператором, поэтому его температура не должна превышать 52,5°С, так как при этом уже через одну минуту контакта будет наблюдаться глубокий ожог кожи [3].



Рис. 1. Фотография макета светодиодного аппарата для ФДТ онихомикоза

В работе экспериментально измерена температура поверхности радиатора излучателя, работающего при максимальном токе (I^{max}). Дополнительно в эксперименте измерялась температура поверхности светодиодной платы. Температура измеряется тепловизором (модель Fluke Ti55) в течение 40 мин работы аппарата на максимальном токе I^{max}. Зависимости максимальной температуры поверхности радиатора и поверхности светодиодной платы от времени работы аппарата при I^{max} представлены на рис. 2.

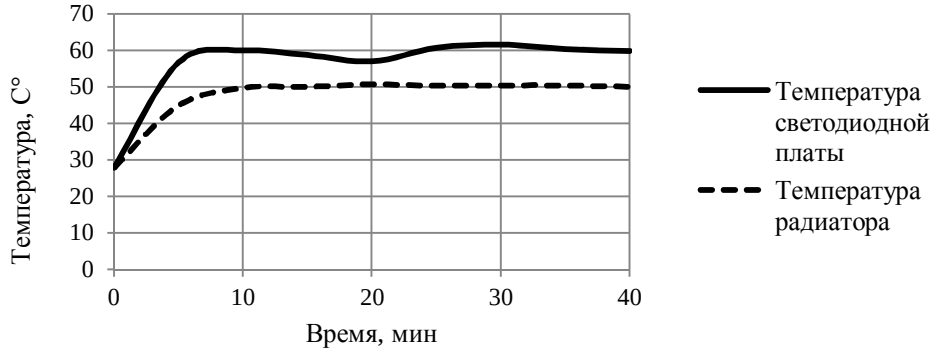


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры поверхности радиатора и поверхности светодиодной платы излучателя от времени работы макета светодиодного аппарата для ФДТ онихомикоза на максимальном токе (1,4 А)

Видно, что через 10 мин температура выходит на стационарное значение. Для платы и ее компонентов она не превышает 62°С, что соответствует рабочему

диапазону температур компонентов. Радиатор не нагревается выше 51°С, что предотвращает ожог кожи при случайном кратковременном (менее 1 мин) контакте оператора с поверхностью радиатора.

В эксперименте было измерено распределение интенсивности светодиодного излучения на расстоянии h=50 мм от поверхности светодиодной платы с системой транспортировки светодиодного излучения. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 3.

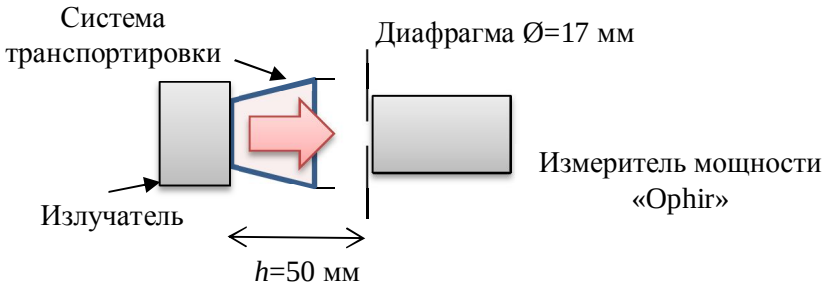
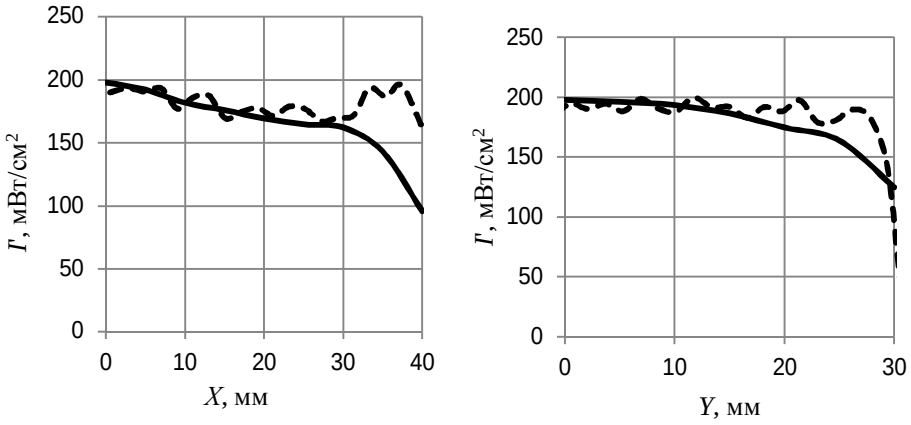


Рис. 3. Схема экспериментального стенда для измерения распределения интенсивности света на расстоянии h от светодиодной платы (с системой транспортировки)



а б

Рис. 4. Теоретическое (пунктирная линия) и экспериментальное (сплошная линия) распределение интенсивности света на расстоянии h=5 см от светодиодной платы, вдоль оси X (а); вдоль оси Y (б)

В эксперименте измеритель мощности OPHIR смещался от центра распределения расположенного на оси аппарата проходящей через геометрический центр светодиодной платы и геометрический центр области облучения с шагом 5 мм по координате X и по координате Y перпендикулярной нормали к светодиодной плате. Результаты измерений представлены на рис. 4. Видно, что представленные распределения (с системой транспортировки) равномерны. Размер облучаемой области равен 16×6=96 см^2. Интенсивность в центре и на краях распределения достигает 170±20 мВт/см^2. Отклонение теории от эксперимента не превышает 20%.

Таким образов в работе разработана конструкторская документация аппарата для ФДТ онихомикоза (программа SolidWorks). Изготовлены элементы конструкции и выполнена сборка макета аппарата. Выполнены тепловые и оптические технические испытания макета. Показано, что для достижения минимальной терапевтической доза для ФДТ онихомикоза которая согласно [4] составляет 200 Дж/см^2 с помощью разработанного светодиодного аппарата (при 170±20 мВт/см^2) потребуется 20±2 мин, что вполне комфортно для врача и пациента.

Литература

1. Юцковский А.Д., Кулагина Л.М., Паулов О.И. Спектр возбудителей и видовая характеристика представителей рода кандида при онихомикозах в приморском крае // Современная микология в России. Материалы 2-го Съезда микологов России. – 2008. – Т. 2. – С. 471–472.
2. Корнишева В.Г. Фотодинамическая терапия при онихомикозе: (обзор) // Проблемы медицинской микологии. – 2015. – Т. 17. – № 1. – С. 3–7.
3. Гордеев В.И., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Неотложная педиатрия: учебное пособие. – 2010. – 567 с.
4. Патент РФ № 2010113705/14, 07.04.2010. Способ фотодинамической терапии микозов кожи, слизистых и ногтей / Юсупов А.С., Юсупова Д.А., Юсупова Н.А. / Патент России № 2 429 033. 2011. Бюл. № 26.



Служителева Анастасия Владимировна
Год рождения: 1992
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № В4205
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: a-sluzhiteleva@yandex.ru

УДК 004.02

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОЗОНАЛЬНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ

Служителева А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Чертов А.Н.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

В последнее время в современном обществе все большее внимание уделяется развитию методов анализа и диагностики объектов различной природы, способных помочь при постановке диагноза в медицине, контроле качества продуктов питания в пищевой промышленности, разработке методов направленного изучения структуры и свойств минералов в технологической минералогии. Таким образом, является актуальным создание спектрозональной оптико-электронной системы (СЗОЭС) для анализа объектов различной природы, способной точнее отобразить спектральную структуру и увеличить число оценочных параметров исследуемых объектов.

В соответствии с этим, **целью работы** является исследование возможностей по созданию СЗОЭС, основанной на видеоинформационном принципе получения данных для анализа статических объектов различной природы.

Аналитический обзор существующих СЗОЭС показал, что наиболее развито применение таким систем в авиакосмической области, в военно-промышленном комплексе, в гражданской авиации [1]. Успешно осваивается применение спектрозональных методов исследования в криминалистике, археологии, изобразительном искусстве.

Использование СЗОЭС в клинических исследованиях, пищевой промышленности имеет большое практическое значение [2]. В ходе проведения патентных исследований было выявлено, что существующие спектрозональные системы и методы в данных областях отличают достаточно большие габариты, отсутствие мобильности систем и сложные алгоритм получения спектрозональных изображений. Также, стоит отметить, что большая часть данных патентов разработаны за рубежом, а в России такие системы находятся на начальном этапе развития.

Выбор структурной схемы был обусловлен целью разработки методики для проведения экспериментальных исследований объектов с помощью макета СЗОЭС [3].

Обобщенная структурная схема макета СЗОЭС представлена на рис. 1.

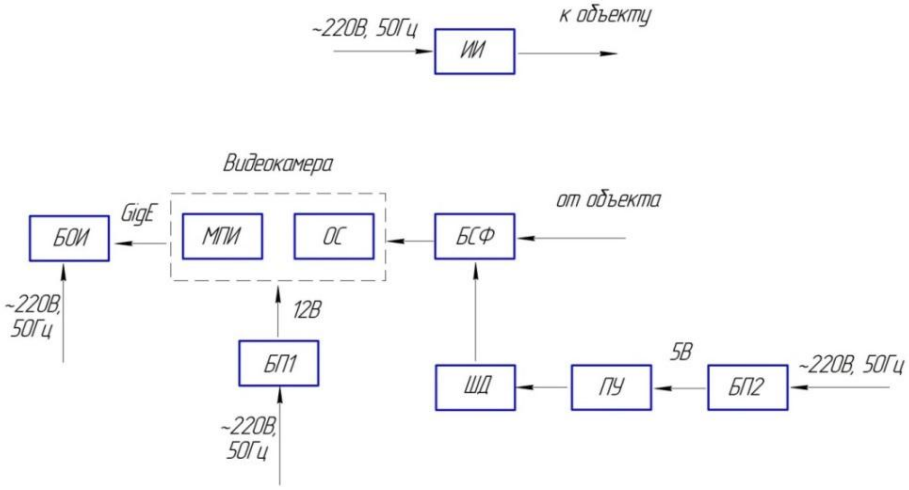


Рис. 1. Структурная схема макета СЗОЭС

Структурная схема макета СЗОЭС состоит из двух блоков питания (БП1, БП2), которые выделяют напряжения 12 В и 5 В соответственно, источника излучения (ИИ), блока светофильтров (БСФ), для разделения спектрального диапазона на отдельные зоны анализа, оптической системы (ОС) и матричного приемника излучения (МПИ), шагового двигателя (ШД), управление которого осуществляется с помощью платы управления (ПУ) и блока обработки информации (БОИ), в качестве которого выступает персональный компьютер. Элементы системы закреплены на оптических стойках, с помощью специально разработанных креплений.

Была разработана конструкция макета СЗОЭС, принцип действия которой основан на спектрозональной съемке, а именно, в исследовании объектов в нескольких спектральных диапазонах. С помощью программы KOMPAS-3D разработана 3D-модель макета СЗОЭС, которая представлена на рис. 2.

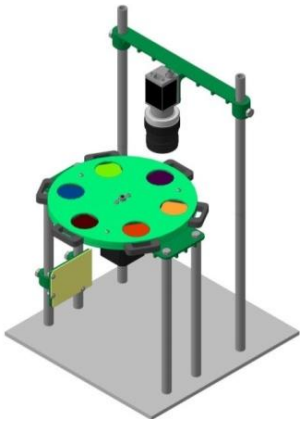


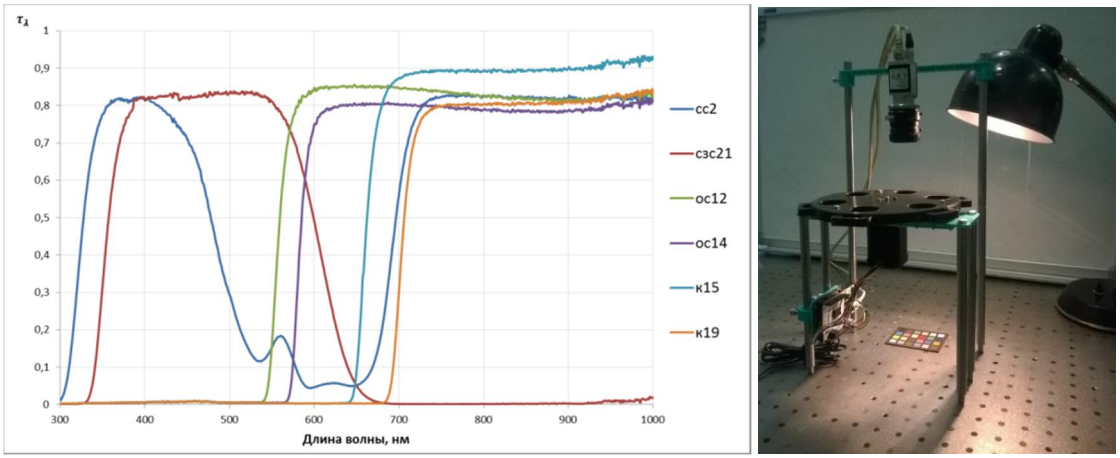
Рис. 2. 3D-модель макета СЗОЭС

Приемная оптическая система, включает в себя матричный приемник излучения – монохромная камера Basler и ОС – объектив Kowa. Система разделения всего спектрального диапазона работы СЗОЭС на отдельные каналы представляет собой барабан, диаметром 180 мм с пазами для набора из шести светофильтров. Для каждого светофильтра (СФ) разработана оправа, что позволяет фиксировать в барабане СФ различных размеров, и облегчает их смену. Вращение барабана на угол 60° с задержкой в 2 мин, осуществляется с помощью шагового двигателя, под управлением платы управления Arduino на платформе MotorShield.

Для реализации макета СЗОЭС были выбраны следующие компоненты:

– источник излучения – вольфрамовая лампа накаливания SPOT R63 фирмы General Electric с энергетическим потоком в рабочем режиме 40 Вт (по результатам энергетического расчета);
– камера Basler – acA 2000-50gmNIR;
– объектив Kowa LM25HC;
– шаговый двигатель 42STH60-1206A;
– плата управления Arduino Duemilanove на платформе MotorShield.

Для проведения экспериментальных исследований был подобран набор светофильтров, для исследования объектов в разных участках спектрального диапазона. Спектры пропускания выбранных светофильтров представлены на рис. 3, а.



а б

Рис. 3. Спектры пропускания выбранных светофильтров (а); экспериментальная установка макета СЗОЭС (б)

Экспериментальные исследования проводились с помощью тестовой таблицы MiniColorChecker 24, представляющую собой прямоугольную карточку с 24 цветными и серыми полями. Цвет каждого поля соответствует цвету реального объекта.

Был реализован макета СЗОЭС для проведения экспериментальных исследований, который представлен на рис. 3, б.

В ходе проведения экспериментальных исследований были получены серии изображений (по 10 изображений) для эталонов белого и черного, фона и тестовой таблицы.

Для обработки изображений, полученных в ходе проведения экспериментальных исследований, была разработана методика обработки изображений, которая представлена на рис. 4.



Рис. 4. Методика проведения обработки изображений

Поле обработки полученных изображений, были построены графики спектрального распределения коэффициента отражения для каждой из 24 ячеек тест-таблицы. При этом полученные результаты сравнивались с данными, полученными с помощью спектрометра. Анализируя сводные графики, представленные на рис. 5, можно сделать вывод, что спектральные кривые коэффициента отражения, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, с помощью макета СЗОЭС имеют отличия от спектральных кривых коэффициента отражения, полученных с помощью спектрометра не более 2,9%. Однако стоит отметить, что наилучшие совпадения спектральных кривых наблюдаются у ячеек 19–24 (оттенки серого) – не более 0,3% (г), а спектральные кривые ячеек 7–12 имеют наибольшее расхождения – более 10% (б).

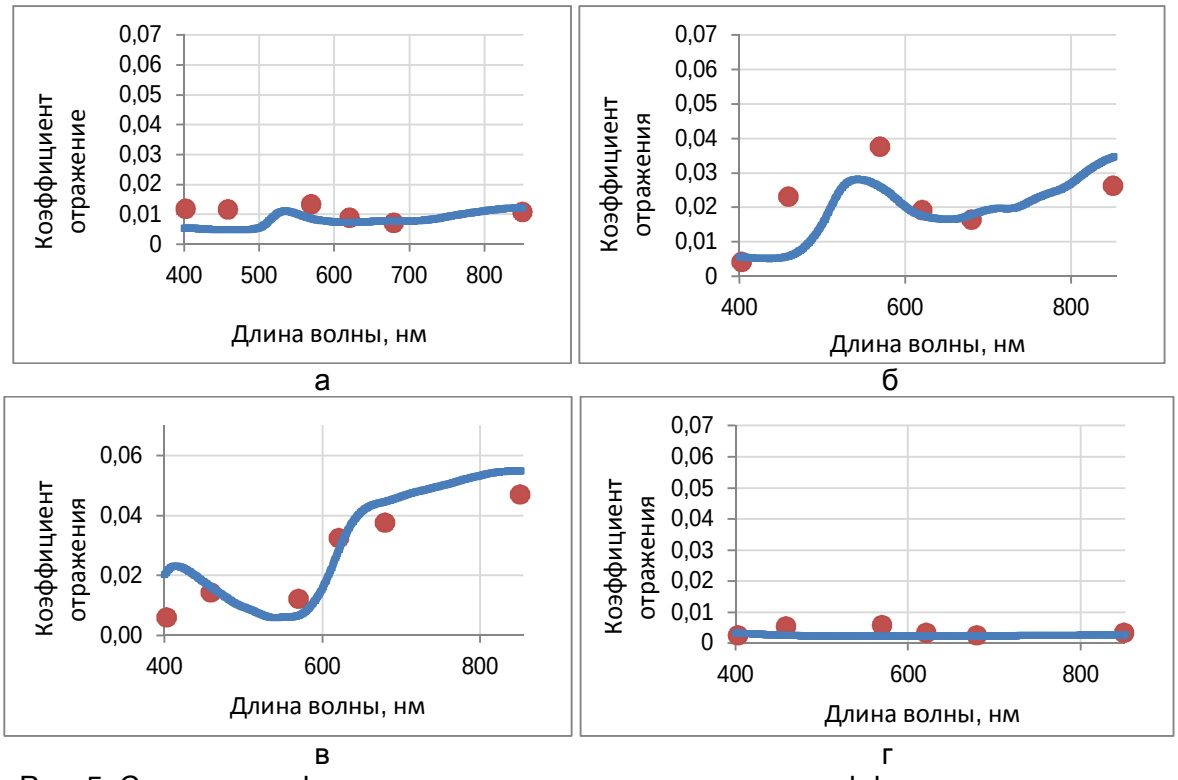


Рис. 5. Сводные графики спектрального распределения коэффициента отражения для: ячейка 4 (а), ячейка 11 (б), ячейка 17 (в), ячейка 24 (г)

Научная новизна работы заключается в предложенной методике обработки спектральных цифровых изображений, полученных с помощью СЗОЭС, включающей этап предварительной коррекции полученных изображений по фону с целью компенсации неравномерности облучения зоны анализа посредством полученного расчетным путем корректировочного коэффициента, и этап калибровки работы СЗОЭС с помощью спектральных эталонов диффузного отражения белого и черного.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработана конструкция и реализован макет СЗОЭС, позволяющий получать спектральные цифровые изображения объекта исследования.

Литература

1. Павлов, Н.И., Ясинский, Г.И. Малогабаритная многоспектральная оптико-электронная аппаратура съемки для низковысотных авиационных комплексов // Оптический вестник. – 2010. – № 3. – С. 70–78.
2. Лелюхин А.С. Развитие метода мультиэнергетической радиографии и разработка спектрозонального рентгеновского детектора: автореф. дис. ... канд. технич. наук. – Оренбург: ОГУ, 2005. – 22 с
3. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Двух- и много диапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения. – М.: Университетская книга; Логос, 2007. – 192 с.



Стерхов Александр Сергеевич
Год рождения: 1988
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4202
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: sterkhovas88@gmail.com

УДК 004.052

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТОРОЖЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Стерхов А.С.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Платунов А.Е.

Встраиваемые системы, являющиеся специализированным классом вычислительных систем, широко используются для решения задач управления, в том числе критически важными с точки зрения безопасности объектами и процессами. Актуален вопрос обеспечения надежности и предотвращения отказов такого рода систем. При этом в данном контексте термин надежность понимается в широком смысле как свойство системы выполнять заданные функции, сохраняя во времени значение устанавливаемых эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, хранения и транспортировки [1].

Одним из наиболее эффективных способов достижения требуемого уровня надежности вычислительных систем в фазе эксплуатации является введение в их

состав сторожевых механизмов (СМ), предназначенных для контроля функционирования систем с целью выявления признаков ошибок и неисправностей. В случае обнаружения таких признаков СМ инициируют процедуры восстановления нормальной работы системы, предотвращая ее отказы.

Анализ показал, что, несмотря на важность СМ в обеспечении надежной работы встраиваемых систем, на сегодняшний день преобладают простейшие решения для СМ, не отличающиеся высокой эффективностью. Не исключены также случаи получения на выходе низкокачественных решений, способных снизить общую надежность встраиваемой системы. Все это может быть объяснено следующими факторами:

– недостаточная осведомленность разработчиков о возможных вариантах реализации СМ;
– дефицит информации о методах использования существующей компонентной базы и ее особенностей при проектировании и реализации эффективных СМ;
– слабая формализация процесса проектирования СМ;
– отсутствие развитой инструментальной и методологической базы для проектирования СМ.

Цель работы состояла в увеличении надежности встраиваемых систем за счет повышения качества проектирования СМ. В соответствии с поставленной целью были сформулированы три задачи исследования, связанные с:

– анализом и классификацией технических решений для СМ;
– предложением вариантов использования особенностей существующей компонентной базы, напрямую не ориентированных на решение задач надежности, но подходящих для создания эффективных СМ;
– разработкой методов и инструментальных средств программирования и интегрирования СМ в целевую встраиваемую систему.

При решении первой из обозначенных задач среди СМ было выделено две основные группы устройств – сторожевые таймеры [2, 3] и сторожевые процессоры [4, 5]. При этом наиболее распространены решения на основе сторожевых таймеров, что связано с их относительной простотой. С другой стороны, даже среди сторожевых таймеров удалось найти множество решений, отличающихся предоставляемыми возможностями. Сторожевые процессоры являются дальнейшим развитием идей сторожевых таймеров. Они требуют большего числа ресурсов и сложнее в реализации. Тем не менее, применение сторожевых процессоров позволяет значительно повысить эффективность методов контроля.

В ходе исследования был разработан обобщенный маршрут проектирования и реализации СМ, включающий в себя пять основных этапов (рис. 1).

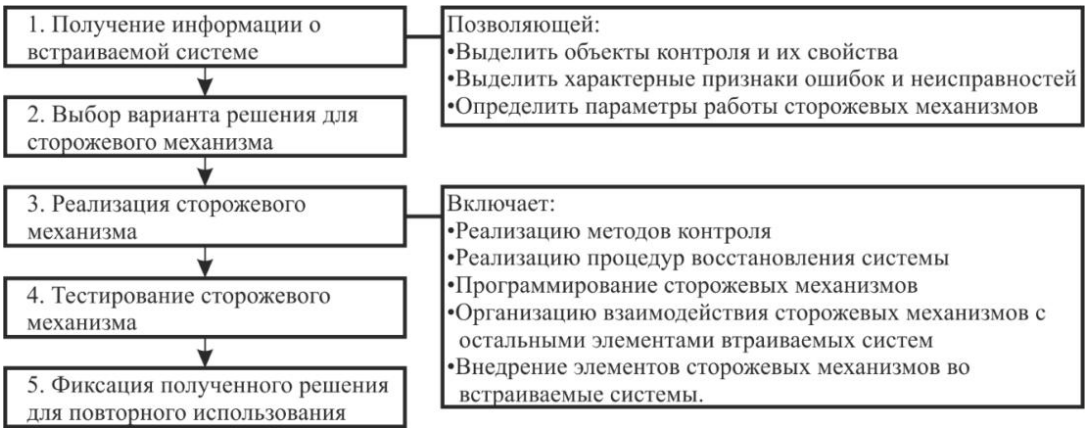


Рис. 1. Процесс проектирования и реализации СМ

Процесс проектирования начинается со сбора информации, необходимой на этапах выбора и реализации СМ и заканчивается проверкой качества полученного решения с возможной последующей его фиксацией для повторного использования в других проектах.

Каждый из обозначенных этапов требует решения большого числа задач. На сегодняшний день многие из них не имеют эффективных инструментов и методов для решения, либо вообще не решены. Однако в ходе исследования было установлено, что часть из этих задач может быть эффективно решена с использованием методов и инструментов из смежных областей, для чего были разработаны соответствующие варианты их применения.

Проведенный в ходе работы анализ позволил сформулировать три направления повышения эффективности СМ:

– широкое использование при создании СМ готовой элементной базы, такой как механизмы отладки, профилирования, конфигурирования и реконфигурирования;
– развитие и внедрение многоуровневых СМ;
– разработка «виртуальных» СМ.

Так в ходе исследования выяснилось, что механизмы отладки могут быть успешно применены для сбора информации о состоянии вычислительного процесса и ее передачи в СМ без оказания влияния на сам процесс, что важно на этапах получения информации о встраиваемой системе и реализации СМ (для организации его взаимодействия с другими элементами системы и методов контроля).

Идея использования многоуровневых СМ заключается в организации иерархии взаимосвязанных и взаимодействующих СМ для координированного контроля процессов, протекающих на различных уровнях сложных встраиваемых систем.

«Виртуальные» СМ представляют собой некое зафиксированное на микроархитектурном уровне решение, не привязанное к каким-либо конкретным способам реализации, которое может быть отображено на разную компонентную базу. Их использование позволит снизить трудоемкость и сократить время и затраты на проектирование СМ. По сути, «виртуальные» СМ являются одним из решений задач пятого этапа проектирования (рис. 1).

Для осуществления интегрирования СМ в целевую встраиваемую систему были разработаны варианты использования модельно-ориентированного проектирования. В частности, предложено использовать модели встраиваемых систем для выделения характерных признаков ошибок, что позволяет решить одну из задач первого этапа проектирования СМ.

Проведенный в ходе работы анализ показал, что инструменты отладки, тестирования, профилирования и мониторинга также могут использоваться при проектировании СМ. В работе продемонстрированы примеры разработанных вариантов применения этих инструментов для решения задач первого, третьего и четвертого этапов проектирования СМ.

На сегодняшний день существует потребность в автоматизированных средствах, интегрирующих в прикладные программы функциональность СМ. Их наличие позволит поднять производительность и качество проектирования СМ, а с ними и надежность встраиваемых систем. В работе предлагается решать данную проблему с помощью аспектно-ориентированного программирования (АОП), суть которого представлена на рис. 2.

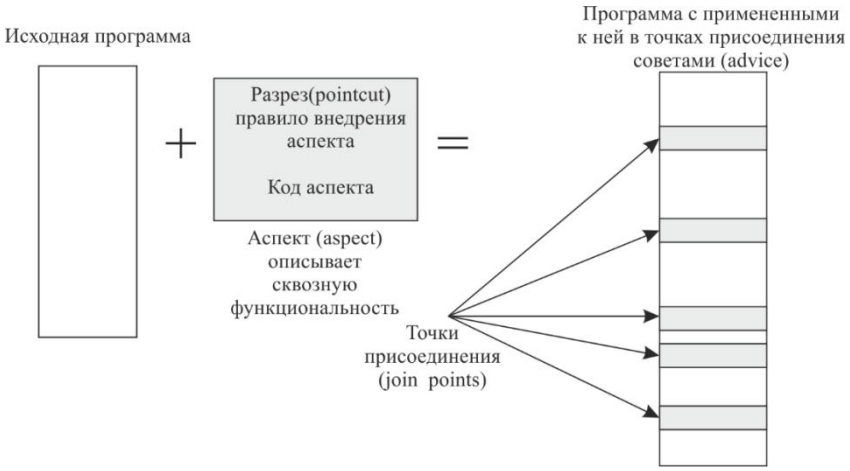


Рис. 2. Принципы АОП

В ходе исследования были проработаны варианты использования аспектов для решения следующих задач, относящихся к первому и третьему этапам проектирования СМ:

– получение информацию о встраиваемой системе;
– детектирование ошибок;
– восстановление работы встраиваемой системы;
– сбор и передача информации в СМ;
– осуществление взаимодействия со СМ.

Для исследования применения АОП в задачах проектирования и реализации СМ, было создано две инструментальные цепочки, чью основу составили инструменты, поддерживающие язык AspectC++ (аспектное расширение языков C/C++). С помощью данного языка были написаны аспекты, позволяющие решать задачи проектирования и реализации СМ.

Для решения задачи программирования СМ (возникающей на этапе их реализации) был разработан простой и компактный проблемно-ориентированный язык (ПОЯ), основные конструкции которого вместе с цепочкой получения программы для СМ приведены на рис. 3.

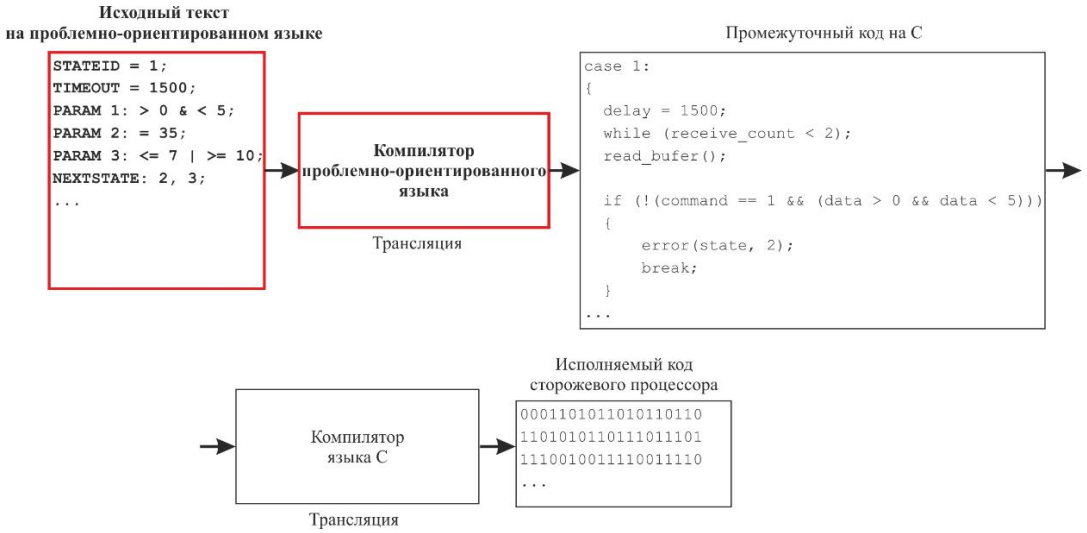


Рис. 3. Процедура получения программы для СМ

Были проведены эксперименты, подтвердившие возможность детектирования и классификации ошибок с помощью программы, написанной с использованием разработанного ПОЯ.

Таким образом, в ходе выполнения работы были получены следующие результаты, направленные на повышения качества проектирования СМ, а с ним и надежности функционирования встраиваемых систем:

1. проведена классификация СМ и анализ технических решений, используемых в СМ;
2. разработаны варианты применения существующей компонентной базы для создания эффективных СМ;
3. разработан маршрут проектирования и реализации СМ;
4. разработаны варианты использования технологии модельно-ориентированного проектирования и инструментов отладки, тестирования, профилирования и мониторинга в задачах проектирования и реализации СМ;
5. разработаны и опробованы технологические цепочки, использующие АОП для внедрения элементов СМ в встраиваемые системы;
6. разработан ПОЯ для программирования СМ.

Литература

1. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: учебное пособие. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2002. – 113 с.
2. Чакраварти С., Томар Р., Арора М. Сторожевой таймер для отказоустойчивых систем // Электронные компоненты. – 2008. – № 12. – С. 15–20.
3. Gehlot P. Watchdog Timer for Robust Embedded Systems // Electronics for you. – 2015. – № 2. – P. 60–62.
4. Majzik I., Holh W., Pataricza A., Sieh V. Multiprocessor checking using watchdog processors // Computer Systems Science and Engineering. – 1996. – V. 11. – № 5. – P. 301–310.
5. Benso A., Di Carlo S., Di Natale G., Prinetto P. A watchdog processor to detect data and control flow errors // 9th IEEE On-Line Testing Symposium. – 2003. – P. 144–148. doi: 10.1109/OLT.2003.1214381.



Убский Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1994
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем, группа № М4220
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: ubskydm@ya.ru

УДК 004.93'11

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Убский Д.С.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Менделев В.С.

Аудиозаписи, как правило, содержат звуки, произведенные различными источниками. Записи новостей, совещаний, звуковые дорожки из фильмов, личных видео содержат как звуки, производимые людьми – речь, кашель, смех – , так и звуки от других источников – животные, предметы, природа. Обнаружение и классификация таких звуковых событий необходима, например, для автоматической расстановки тегов аудиозаписей в архивах, автоматического анализа звукозаписей для сегментации или автоматического определения места записи фонограммы.

Многие исследования в области распознавания звуковых событий используют техники, успешно применявшиеся в распознавании речи. Например, А. Месарош и др. продемонстрировали применимость мел-частотных кепстральных коэффициентов (MFCC) в качестве признаков, описывающих звуковой сигнал, и скрытых марковских моделей в качестве классификатора для распознавания большого числа звуковых событий, записанных в различных обстановках [1].

Одной из задач, стоящих перед исследователями в этой области, является определение классов звуковых событий. Слишком узкие, и соответственно многочисленные, классы усложняют задачу системе распознавания, в то время как слишком широкие или неверные обобщения могут привести к смешению данных.

Набор данных, используемый в данной статье – ESC-10, предоставленный Каролом Пичаком [2].

ESC-10 – подмножество набора данных ESC-50 того же автора, набранного из свободного ресурса Freesound.org. Данные каждого класса разделены на пять равных подмножеств, так чтобы данные из сходных аудиозаписей находились в одном подмножестве. В данной работе одно из подмножеств используется как тестовое множество, а остальные объединены в обучающее множество.

Для экспериментов были выбраны четыре класса. Так как все признаки извлекаются покадрово, для кластеризации важно, чтобы шум был постоянный, без пауз. Среди доступных постоянных шумов были выбраны:

– стационарный широкополосный шум: дождь (рис. 1);

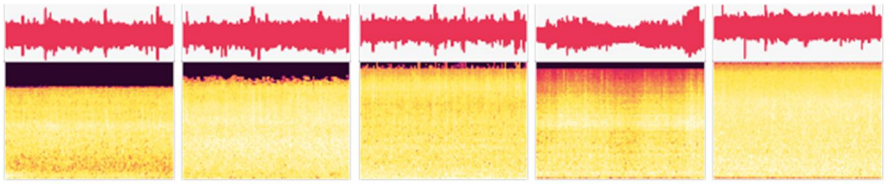


Рис. 1. Примеры спектрограмм записей класса «Дождь»

– импульсный широкополосный шум: треск огня (рис. 2);

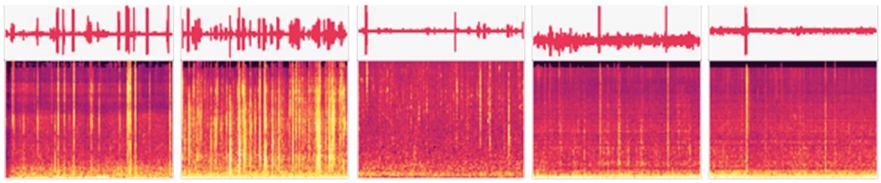


Рис. 2. Примеры спектрограмм записей класса «Треск огня»

– нестационарный широкополосный шум: вертолет (рис. 3);

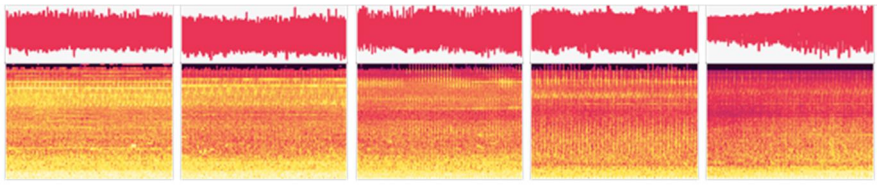


Рис. 3. Примеры спектрограмм записей класса «Вертолет»

– нестационарный тональный шум: бензопила (рис. 4).

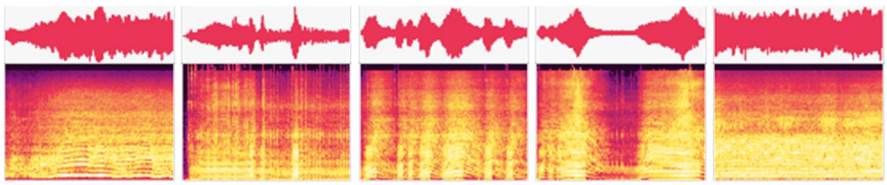


Рис. 4. Примеры спектрограмм записей класса «Бензопила»

Для определения оптимального числа кластеров был задействован метод простого перебора. Перебор производился, начиная с *k* равного числу классов, т.е. 4, и на каждой следующей итерации *k* удваивался, пока не достигнуто значение *k* равное 32 (табл. 1).

Инициализация алгоритма производилась методом *k*-средних++.

Так как алгоритм *k*-средних разделяет все пространство признаков на диаграмму Вороного (рис. 5), необходим способ отделения выбросов в отдельную категорию. Для этого методом перебора определялся порог, вплоть до которого точка считается принадлежащей кластеру. Иными словами, если расстояние от точки до кластера больше порогового значения, эта точка помечается выбросом.

Таблица 1. *V*-мера кластеризации данных методом *k*-средних с различными значениями *k*

k	4		8		16		32	
Признаки	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера
MFCC	11,48	37,17%	10,00	37,36%	11,48	37,54%	6,607	40,57%
SoundNet	60,26	46,60%	60,26	43,91%	52,48	46,90%	52,48	42,86%
ЦРТ	22,91	26,47%	19,95	30,63%	19,95	35,25%	17,38	36,42%

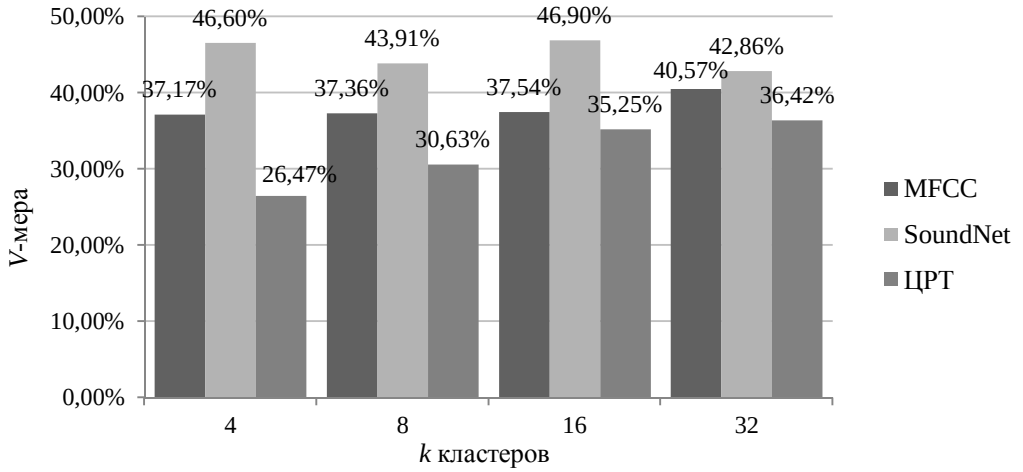


Рис. 5. Сравнительная диаграмма результатов кластеризации методом *k*-средних

Для сравнения с методом *k*-средних были также обучены смеси гауссиан (табл. 2). Число гауссиан в смеси соответствует числу кластеров в экспериментах с методом *k*-средних (рис. 6). В качестве порога вместо евклидова расстояния до центра кластера использовался минимум вероятности того, что точка была порождена наиболее вероятной гауссианой.

Таблица 2. *V*-мера кластеризации данных с использованием смеси гауссиан для различного числа гауссиан *k*

k	4		8		16		32	
Признаки	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера	Порог	*V*-мера
MFCC	0	12,49%	0	10,25%	0	5,279%	0,9120	6,267%
SoundNet	0	23,25%	0	9,594%	0	16,25%	0	13,34%
ЦРТ	0	11,48%	0	7,070%	0	0%	0	0,351%

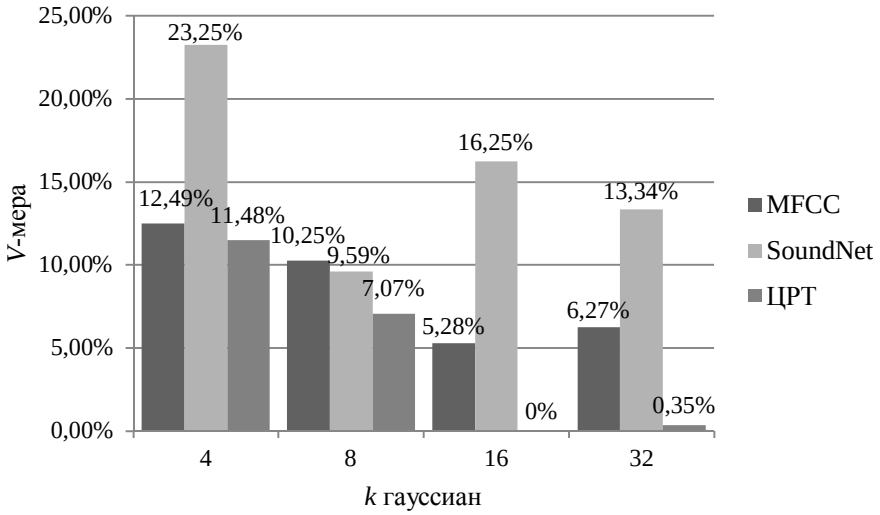


Рис. 6. Сравнительная диаграмма результатов кластеризации с использованием смеси гауссиан

Литература

1. Mesaros A., Heittola T., Eronen A., Virtanen T. Acoustic event detection in real life recordings // 18th European Signal Processing Conference. – 2010. – P. 1267–1271.
2. Piczak K.J. ESC: Dataset for Environmental Sound Classification. // Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia. – 2015. – P. 1015–1018.



Удальцов Валерий Анатольевич
Год рождения: 1993
Факультет безопасности информационных технологий, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем, группа № Р4255
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность
e-mail: udalv1@rambler.ru

УДК 004.056.55

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УСКОРЕНИЯ ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА «КУЗНЕЧИК», С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

Удальцов В.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кармановский Н.С.

Целью работы является исследование ускорения шифрования на основе алгоритма «Кузнечик», с использованием неспециализированных вычислений на графических процессорах. В работе определены следующие задачи:
– анализ и определение способов ускорения вычислений на основе алгоритма «Кузнечик», при проведении вычислений на графических процессорах;
– программная реализация с использованием технологий OpenCL, CUDA и вычислительных шейдеров OpenGL;

– сравнительный анализ скорости шифрования.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что операции шифрования данных весьма затратны как по времени, так и по объему задействованных вычислительных мощностей, а применение рассматриваемого подхода может обеспечить значительное увеличение быстродействия.

Значимость проведенных исследований заключается в том, что достигнутое увеличение скорости работы алгоритма «Кузнечик», позволяет более эффективно применять его для организации защищенного сетевого взаимодействия или шифрования данных подгружаемых «на лету», также благодаря использованию вычислительных мощностей графического устройства появляется возможность разгрузки центрального процессора.

Новизна данной работы заключается в том что, для анализа применимости вычислений на графических устройствах выбран алгоритм «Кузнечик», как наиболее перспективный среди недавно разработанных. Данный алгоритм на сегодняшний день наименее изученный из шифров, применяемых на государственном уровне. Так же учтен значительный недостаток исследований на подобную тему, заключающийся в отсутствии сравнительного анализа скорости шифрования на графическом устройстве при использовании различных технологий. Вследствие этого в данной работе разработаны реализации на трех платформах:

– CUDA – первая и наиболее развитая на данный момент технология позволяющая эффективно использовать вычислительные ресурсы устройств компании NVIDIA;
– OpenCL – позволяющая проводить параллельные вычисления в гетерогенной среде и в отличии от CUDA являющаяся кроссплатформенной;
– OpenGL – самая распространенная на данной момент графическая библиотека, которая, начиная с версии 4.3, получила расширение позволяющее использовать вычислительные шейдеры.

Методы исследования заключаются в проведении замеров скорости работы данных реализаций. Также проведен анализ эффективности применения различных технологий и способа вычислений на графическом устройстве в целом в рамках решения задачи увеличения скорости шифрования на основе алгоритма «Кузнечик».

Основной задачей видеокарт является расчет цвета пикселов, отображаемых на экране, что требует использования большого количества потоков. Это отразилось на архитектуре подобных устройств. В сравнении с центральным процессором графическое устройство имеет значительно большее количество элементов, выполняющих арифметико-логические операции, как правило, объеденные в группы с единым блоком управления и общим кэшем, используемым для обмена данными между процессами.

Рассматриваемый в работе алгоритм «Кузнечик» определен в ГОСТ 34.12 как алгоритм шифрования с длиной блока 128 бит и имеющий длину секретного ключа 256 бит [1]. Для шифрования информации применяются десять раундов криптографических преобразований включающих в себя: смешение с итерационным ключом с помощью операции исключающее «ИЛИ», нелинейное преобразование S, выполняемое с помощью таблицы замен, преобразование L, включающее в себя цикл из 16 линейных преобразований R. Расшифрованные производится путем применения преобразований, обратных к описанным, с использованием итерационных ключей в обратном порядке.

При программной реализации описанных криптографических преобразований с целью увеличения скорости вычислений применены способы оптимизации характерные для работы с графическими устройствами: выравнивание памяти, развертка циклов, использование отображаемой памяти, минимизация обращений к глобальной памяти, устранение ветвлений.

Параллельно с этим разработана реализация на основе способа высокоскоростного шифрования, заключающегося в использовании таблицы предвычислений для осуществления вычислений на основе преобразований S и L [2]. Данный способ позволяет значительно ускорить работу алгоритма при вычислениях на центральном процессоре, но при использовании на графическом устройстве он имеет значительный недостаток, заключающийся в постоянной подгрузке большого количество данных.

Основным преимуществом вычислений на графических процессорах является возможность задействовать одновременно большое количество потоков. Исходя из этого, наиболее эффективным способом увеличения скорости шифрования будет распараллеливание вычислений. Вследствие этого рассмотрен ГОСТ 34.13-2015, определяющей режимы работы блочных шифров. Исходя из стандарта, для дальнейшего исследования выбраны режимы простой замены и гаммирования [3], позволяющие наиболее эффективно применить параллельные вычисления.

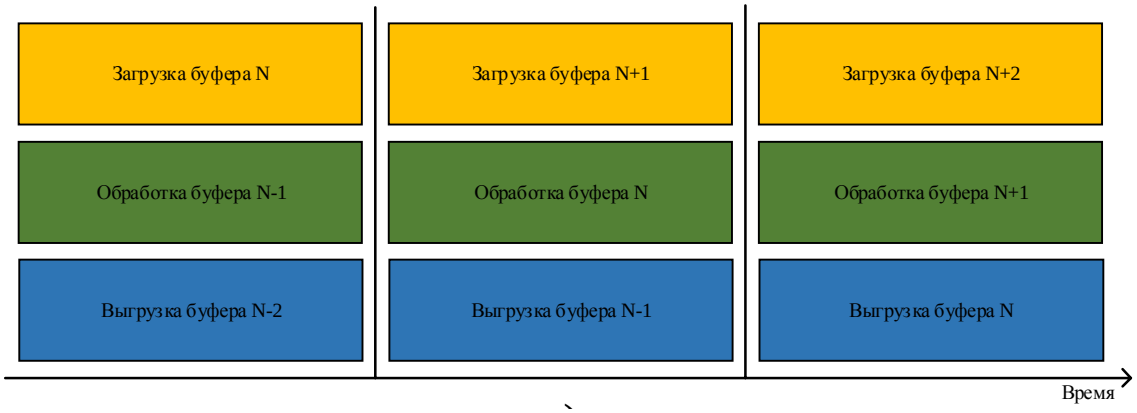


Рис. 1. Схема взаимодействия с графическим устройством, при базовом способе распараллеливания

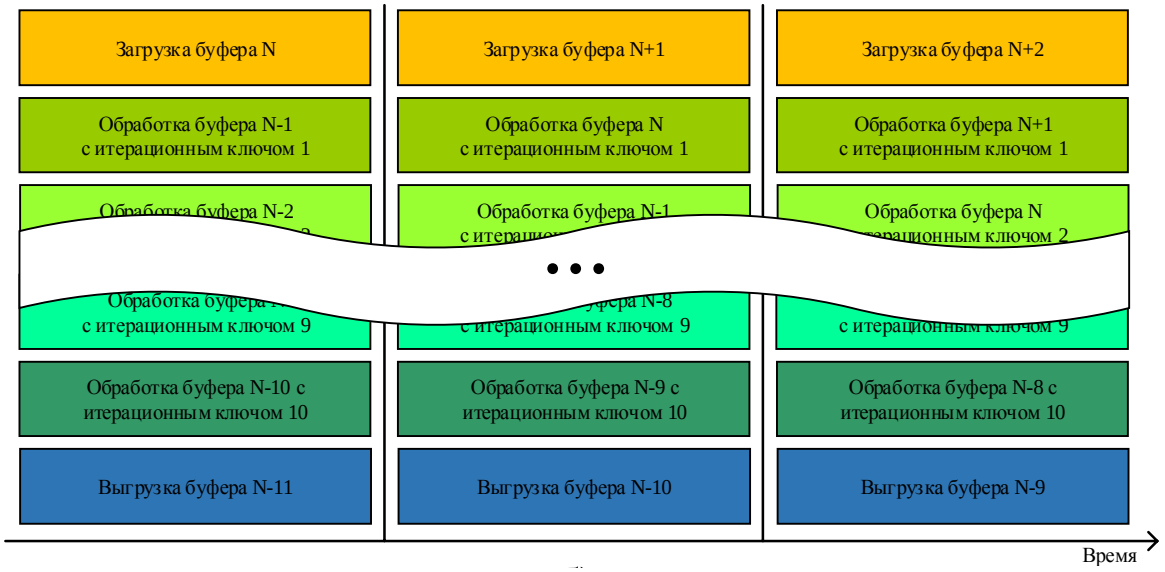


Рис. 2. Схема взаимодействия с графическим устройством с разбиением алгоритма

Для выбранных режимов определены два способа распараллеливания. В рамках базового способа, представленного на рис. 1, поступающие данные разделяются на блоки необходимого размера, над которыми выполняется полный цикла криптографических преобразований. При этом обмен данными осуществляется параллельно с вычислениями [4]. Второй способ, представленный на рис. 2, заключается в разбиении алгоритма на десять частей и выполнении их в отдельных потоках с соответствующим итерационным ключом.

Разработана программа, в основе которой лежат реализации алгоритма «Кузнечик» на основе описанных технологий, интегрированные в единый программный интерфейс, так же предназначенный для возможности последующего использования в качестве подключаемой библиотеки. Для управления данным приложением разработан пользовательский интерфейс, служащий также для практического использования данной программы.

Замеры скорости работы программной реализации, осуществленной на основе определенных в работе способов оптимизации и распараллеливания, показали следующую максимальную скорость для рассмотренных технологий:

– CUDA – 3,5 Гбит/с для режима простой замены и выработка гаммы со скоростью – 2,6 Гбит/с;
– OpenCL – 3,2 Гбит/с для режима простой замены и выработка гаммы со скоростью – 2,3 Гбит/с;
– вычислительные шейдеры OpenGL – 0,3 Гбит/с для режима простой замены и выработка гаммы со скоростью – 0,2 Гбит/с;
– центральный процессор – 0,2 Гбит/с для режима простой замены и выработка гаммы со скоростью – 0,2 Гбит/с.

В результате проведенного исследования применение неспециализированных вычислений на графических процессорах для шифрования данных позволило существенно (до 14 раз) повысить производительность вычислительных систем. Данный подход позволяет снизить нагрузку на центральный процессор. Достигнутая максимальная скорость – 3,5 Гбит/с, позволяет применять данную программную реализацию для частичного шифрования трафика в сетях скоростью до 10 Гбит/с, а также для быстрого шифрования файлов, необходимого при создании зашифрованных контейнеров или работе с защищенной базой данных.

Литература

1. ГОСТ Р 34.12-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – Введен 01.01.2016. – М.: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
2. Ищукова Е.А., Кошуцкий Р.А., Бабенко Л.К. Разработка и реализация высокоскоростного шифрования данных с использованием алгоритма Кузнечик // Auditorium. – 2015. – № 4. – С. 53–59.
3. ГОСТ Р 34.13-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Режимы работы блочных шифров. – Введен 01.01.2016. – М.: Стандартинформ, 2015. – 38 с.
4. Кролевецкий А.В. Производительность ГОСТ-шифрования на x86- и GPU-процессорах // Storage News. – 2014. – № 4(60). – С. 28–29.



Фазанова Алиса Дмитриевна
Год рождения: 1994
Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере,
группа № К4244
Направление подготовки: 09.04.03 – Прикладная информатика
e-mail: fas-ali-da@yandex.ru

УДК 004.62

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫПУСКНИКА ВУЗА НА РЫНКЕ ТРУДА

Фазанова А.Д.
Научный руководитель – к.педагог.н., доцент Валитова Ю.О.

В настоящее время в СМИ и научной литературе популярным предметом обсуждений является социально-экономическая проблема трудоустройства выпускников вузов. Молодому специалисту для построения своего жизненного пути необходимо «постоянно проводить анализ своих качеств, сильных и слабых сторон, а также факторов, которые способствовали или мешали достижению целей», и таким образом иметь возможность сделать вывод о своей конкурентоспособности в том или ином секторе рынка труда по сравнению с другими кандидатами на вакансии [1].

Анализ научных работ по данной теме показывает множественность подходов к определению понятия конкурентоспособности, а также к построению моделей конкурентоспособности. К тому же, важной проблемой является невозможность быстрой адаптации имеющихся моделей под меняющийся рынок труда. Это обуславливает актуальность вопроса о разработке средств для автоматизированного формирования комплексной модели конкурентоспособности выпускника вуза (ФКМКВВ) на рынке труда.

Так, **целью исследования** являлась разработка алгоритма автоматизации ФКМКВВ на рынке труда, базирующегося на сборе и анализе требований по вакансиям работодателей на сайтах по трудоустройству.

В ходе исследования был проведен детальный анализ литературы, который позволил выявить определение конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда, наиболее полно охватывающее контекст исследования. По А.А. Ангеловскому это «обобщенный показатель, характеризующий уровень профессиональной, социальной и личностной компетенции выпускника, обеспечивающий ему уверенность в своих силах и способность выдерживать конкуренцию на рынке труда в сравнении с выпускниками аналогичных учебных заведений» [2].

Авторами был рассмотрен ряд моделей конкурентоспособности, базирующихся на компетентностном подходе, в соответствии с которым модель представляет собой комплекс определенных компетенций личности. Примерами таких моделей являются: модель И. Катане, «идеальная модель» В.И. Андреева, модель Л.Ю. Королевой, Э.Р. Хайруллиной, модель М.И. Шиловой и И.Л. Белых и др. В процессе сравнения моделей было замечено, что большинство из них не учитывают специфику требований работодателей конкретных областей трудоустройства и отдельно взятых регионов. Также они представляют собой статический список компетенций, который не меняется с течением времени. А данные для моделей формируются вручную, что не является удобным при растущем объеме вакансий на рынке труда.

Разработанный алгоритм автоматизации ФКМКВВ на рынке труда предполагает, прежде всего, автоматизацию сбора и анализа данных вакансий с сайтов по трудоустройству, которая позволяет исправить перечисленные выше недостатки.

Автором был осуществлен автоматизированный сбор данных, который базируется на технологии Web Mining – это технология, использующая методы Data Mining для исследования и извлечения информации из web-документов и сервисов [3]. Сбор данных предполагает: выбор web-ресурса, выбор областей трудоустройства и написание парсера – программы для извлечения данных.

Так, в соответствии с тематикой исследования был выбран Web-ресурс HeadHunter (hh.ru), который согласно различным рейтингам является одним из наиболее посещаемых ресурсов по поиску и размещению вакансий. Также он имеет свой API (HeadHunter API) – интерфейс для программирования приложений, который существенно упрощает сбор данных.

Было принято решение изучить вакансии профессиональных областей трудоустройства выпускников направления 45.03.04 «Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере». С учетом содержания образовательного стандарта высшего образования, основной образовательной программы по направлению подготовки 45.03.04, результатов анкетирования преподавателей и студентов направления, а также формулировок областей трудоустройства, в соответствии с которыми структурированы вакансии на ресурсе hh.ru, были выделены 25 областей, из которых было выбрано 6 областей трудоустройства для автоматизированного сбора и анализа данных: «Оптимизация сайта (SEO)»; «Аналитик»; «Веб-инженер»; «Администратор баз данных»; «Контент»; «Технический писатель».

Затем авторами был написан парсер на функциональном языке программирования высокого уровня Python 2.7, использующий HeadHunter API для сбора требований работодателей Санкт-Петербурга к кандидатам на вакансии по выбранным областям. Парсер использует такие библиотеки языка, как: urllib, json, httplib, requests, re, string и реализует следующие функции:

1. установление параметров: индивидуальные ключи пользователя Headhunter API, профессиональная область, регион;
2. составление запросов к вакансиям;
3. получение и сохранение информации по вакансиям в формате json;
4. перевод данных в строковый тип и вычленение требований работодателей с помощью регулярных выражений;
5. сохранение полученной информации в текстовый файл.

Предлагаемым способом автоматизированного анализа данных для формирования модели конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда является Text Mining требований работодателей, собранных с сайта hh.ru, с помощью программных пакетов языков Python, R.

При этом были реализованы: лемматизация данных – приведение слов к нормальной форме; подготовка данных, т.е. очистка их от «шумов»; составление списка частотных слов и словосочетаний по каждой профессиональной области; кластеризация слов; ФКМКВВ на рынке труда.

Лемматизация была выполнена на языке Python с помощью пакета pymystem3, реализующего функции анализатора Mystem, разработанного компанией «Яндекс». Пункты 2–4 были выполнены на языке R с помощью пакетов tm, stringr, ggplot2, wordcloud, RWeka, fpc, cluster, topicmodels, RTextTools.

Результаты выполнения задачи поиска частотных слов были визуализированы средствами R для наилучшего восприятия данных. Так, например, по области

«Администратор баз данных» было получено облако частотных слов исходя из 200 собранных вакансий (рис. 1).

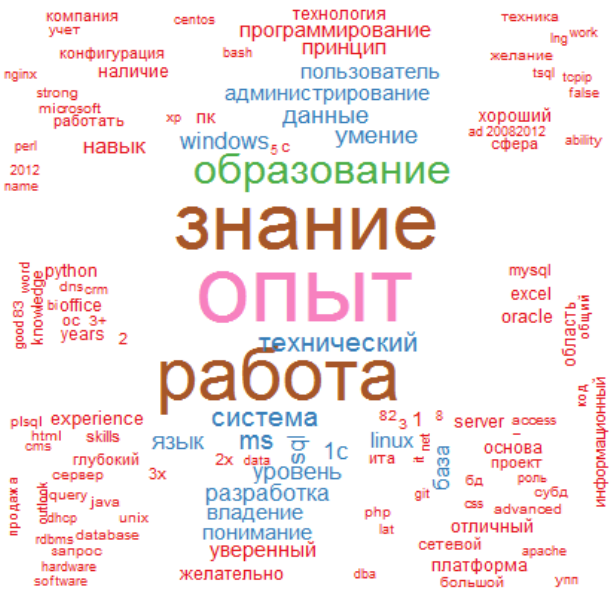


Рис. 1. Облако частотных слов по области «Администратор баз данных»

Были также сформированы облако частотных словосочетаний, точечные диаграммы частотных слов и словосочетаний. Параллельно также на языке R были изучены взаимосвязи между словами: к наиболее частотным словам была применена функция findAssocs, высчитывающая корреляцию (не менее 0,50) встречаемости в паре с другими словами текстового документа.

Для поиска скрытых закономерностей были применены алгоритмы кластеризации данных: кластеризация *k*-средних, метод K-Medoids, латентное размещение Дирихле, метод Варда и пр. Было произведено деление данных на два, три и четыре кластера. Анализ показал, что требования работодателей к кандидатам на вакансии невозможно однозначно разделить на смысловые группы вроде: «опыт работы», «образование», «знания, умения, навыки», «личностные качества». Например, словосочетание «опыт работы» примерно в половине случаев относится не к стажу работы в каких-либо компаниях, а к навыку использования определенных компьютерных программ.

Так, авторы остановились на построении дендрограммы слов методом Варда без задания в качестве входного параметра количества кластеров. Были выделены и другие особенности данных, которые позволили сделать вывод, что ФКМКВВ на рынке труда должно происходить за счет анализа диаграмм частотных слов и словосочетаний, а также анализа взаимосвязей слов (результаты функции findAssocs, дендрограмма слов).

Синтезировав результаты работы всех вышеизложенных алгоритмов, автор сделал вывод, что комплексная модель конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда – это комплекс компетенций, соответствующий требованиям работодателей к кандидатам на вакансии конкретной профессиональной области, и позволяющий оценить значимость компетенций относительно друг друга. А конкурентоспособность – это степень соответствия персонального набора компетенций выпускника выявленным в ходе исследования компетенциям конкретной профессиональной области.

Для наглядности, модель можно представить в виде линейчатой или круговой диаграммы (рис. 2).

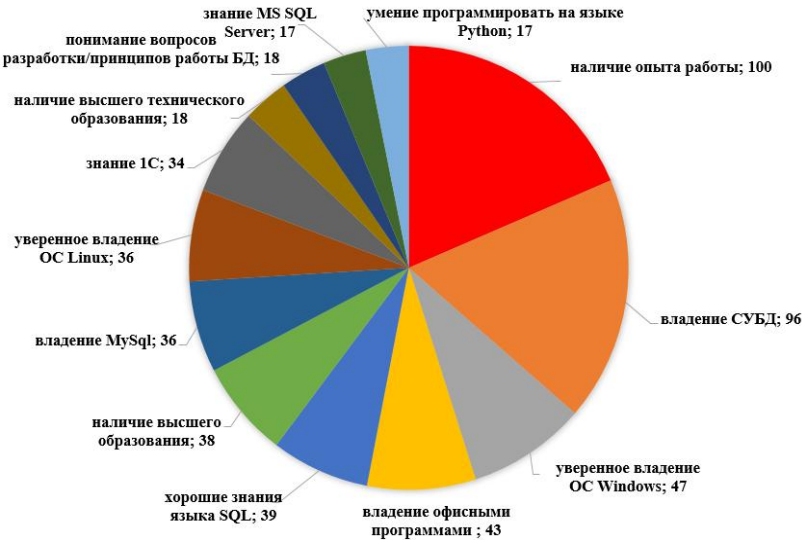


Рис. 2. Комплексная модель конкурентоспособности выпускника вуза по области «Администратор баз данных»

Алгоритм ФКМКВВ на рынке труда включает и анализ дополнительных материалов: книг, статей, электронных ресурсов и т.п. Поскольку опыт показывает, что существуют неявные компетенции выпускника вуза, которые не указываются работодателями, но, несмотря на это, являются немаловажными и влияют на его конкурентоспособность. Например, анализ дополнительной литературы позволил выявить такие качества по области «Администратор баз данных»: усидчивость, хорошая память, внимательность, аналитический склад ума.

Таким образом, исследование доказало, что автоматизацию ФКМКВВ на рынке труда можно осуществить посредством выполнения алгоритма, состоящего из этапов:

1. автоматизированный сбор данных:
   - выбор Интернет-ресурса по трудоустройству;
   - выбор профессиональных областей трудоустройства;
   - сбор данных с использованием парсера;
2. автоматизированный анализ данных:
   - лемматизация данных;
   - подготовка данных: очистка от «шумов»;
   - составление списка частотных слов и словосочетаний по каждой профессиональной области;
   - автоматизированная кластеризация слов;
   - формирование комплексной модели конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда;
3. дополнение полученной модели неявными компетенциями, которые могут быть выявлены посредством анализа дополнительной литературы.

Практическая значимость разработанного алгоритма заключается в том, что он позволяет быстро и качественно собрать большой объем данных; глубинно проанализировать данные, визуализировав результаты; ответить на насущные вопросы о возможности трудоустройства молодого специалиста; сформировать комплексную модель конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда по определенной области трудоустройства. Также автором была построена база знаний востребованности компетенций по шести выбранным областям в табличной форме.

Результаты исследования могут быть полезны студентам, выпускникам вузов, ищущим себя на рынке труда, а также лицам, активно вовлеченным в процесс обучения студентов вузов.

Литература

1. Кириллов Н.П. Конкурентоспособность выпускников вузов: проблемы и решения // Вестник ТГПУ. – 2014. – № 6(147). – С. 9–13.
2. Ангеловский А.А. Формирование конкурентоспособности студентов в процессе профессиональной подготовки в вузе: автореф. дис. … канд. пед. наук. – Магнитогорск, 2004. – 193 с.
3. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 375 с.



Фельдина Евгения Александровна
Год рождения: 1992
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем, группа № М4223
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: feldinazhenja@ya.ru

УДК 004.891.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ С ИНТЕРФЕЙСОМ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Фельдина Е.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Менделев В.С.

В последнее время задачи естественного языка и искусственного интеллекта получают все большее распространение.

Автоматические диалоговые системы становятся востребованными в связи с быстрым развитием информационных технологий и искусственного интеллекта. Созданные в настоящее время человеко-машинные интерфейсы должны соответствовать естественному общению между людьми и автоматическими системами [1–9].

Люди переходят на текстовые каналы обслуживания, поэтому текстовые диалоговые системы приобретают популярность.

Несмотря на возросший интерес разработчиков к созданию текстовых онлайн консультантов, многие вопросы, связанные с построением таких систем, до сих пор остаются открытыми.

Основные трудности, препятствующие успешной разработке, заключаются в небольшом объеме данных для обучения системы, а также быстром устаревании такого корпуса.

Диалоговые системы, которые могут вести полноценное взаимодействие с людьми, становятся востребованными во многих отраслях. Приоритетная задача для использования диалоговых систем – консультирование клиентов по вопросам, относящимся к сфере деятельности заказчика.

Внедрение диалоговых систем в контактные центры (КЦ) позволит:

1. сократить операционные расходы, возникающие в результате общения с клиентами КЦ через мультимедиа каналы;
2. снизить нагрузку на специалистов мультимедийного обслуживания КЦ, в связи с сокращением количества обращений, требующих их участия;

3. уменьшить количество повторных обращений в КЦ;
4. уменьшить среднюю продолжительность диалога;
5. реализовать социальную инициативу, связанную с возможностью обработки обращений клиентов с ограниченными возможностями;
6. улучшить качество обслуживания и, как результат, повысить лояльность клиентов: клиенты смогут быстро получать нужную им информацию через любые текстовые каналы поддержки без необходимости общения с операторами КЦ.

В данной работе рассматриваются методы оптимизации, разработанные в «Центре речевых технологий» (ЦРТ) текстовой диалоговой системы с интерфейсом на естественном языке.

Цель работы: оптимизация процесса построения диалоговой системы на естественном языке для увеличения скорости прироста качества обслуживания и сокращения времени обучения.

Задачи:

1. проведение анализа подходов к построению диалоговых систем;
2. описание разработанной в ЦРТ диалоговой системы;
3. оптимизация процесса обучения диалоговой системы с целью увеличения скорости прироста качества.

Объект исследования – разработанная в ЦРТ диалоговая система. Предмет исследования – структура диалоговой системы, порядок работы с данной системой (обучения). Методы исследования – методы анализа текста, методы извлечения информации, поиск ключевых слов, классификация документов, графовый анализ, проектирование пользовательских интерфейсов. Практическая ценность – повышение скорости прироста качества диалоговой системы в процессе обучения; сокращение времени обучения диалоговой системы.

Схема процесса обучения диалоговой системы. Для процесса обучения диалоговой системы было выделено четыре роли:

1. «Аналитик» – специалист, хорошо разбирающийся в предметной области;
2. «Правилописатель» – специалист, знающий язык описания сценариев обработки запросов и структуру справочников;
3. «Разметчик» – специалист, знающий структуру дерева диалога, набор меток и подход к их расстановке и умеющий работать в интерфейсе администратора базы знаний;
4. «Тестировщик» – специалист, знакомый со структурой справочников.

Была предложена и внедрена схема процесса обучения диалоговой системы.

Схема процесса обучения представлена на рис. 1.

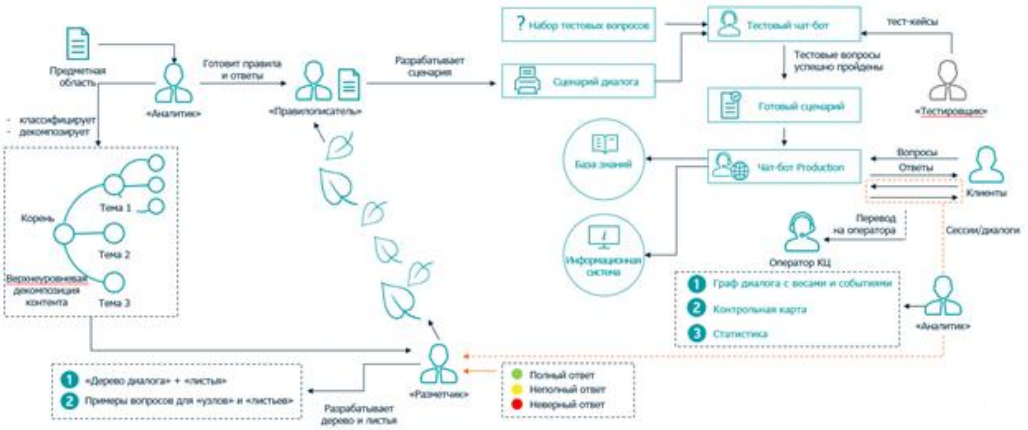


Рис. 1. Схема процесса обучения диалоговой системы

Процесс обучения системы состоит из следующих этапов:

1. «Аналитик» создает дерево диалога, используя знание предметной области. Дерево диалога – графическое представление сценария диалога;
2. «Разметчик» на основе диалогов, полученных в ходе взаимодействия клиент-система и «дерева диалога», построенного «Аналитиком» относит шаги диалогов к «листьям» дерева диалога (тематическим категориям). Кроме того, «Разметчик» формирует тестовую выборку из примеров размеченных вопросов;
3. «Правилописатель» в качестве входных данных получает «дерево диалога» и выборку из примеров вопросов для каждого «листа» (тематической категории), сформированную «Разметчиком». На основании этих данных «Правилописатель» создает сценарий диалога;
4. «Тестировщик» получает на входе тестовую выборку из примеров вопросов для каждой тематической категории, сформированную «Разметчиком» и проводит автоматизированное и ручное тестирование.

Графовое представление иерархической структуры сценария диалога. Был разработан способ визуализации сценария обработки пользовательских запросов в виде графового представления иерархической структуры сценария диалога.

Реализация алгоритма обеспечивает наглядное отображение количества попаданий пользовательских запросов в узлы системы. Данный подход позволяет найти слабо проработанные узлы сценария диалога и в дальнейшем оптимизировать их.

Для обеспечения статистического контроля стабильности процессов была применена контрольная карта Шухарта.

Контрольная карта позволяет находить точки выхода измеряемого показателя качества из стабильного состояния для последующего установления причин возникшего отклонения и их устранения.

Состояние считается стабильным, если вариативность измеряемого показателя качества лежит в определенном «коридоре», называемом интервалом стабильности. Отклонения в пределах данного «коридора» обусловлены свойствами самой системы (погрешности измерений).

На рис. 2 представлена контрольная карта для оценки стабильности выбранной метрики качества диалоговой системы.

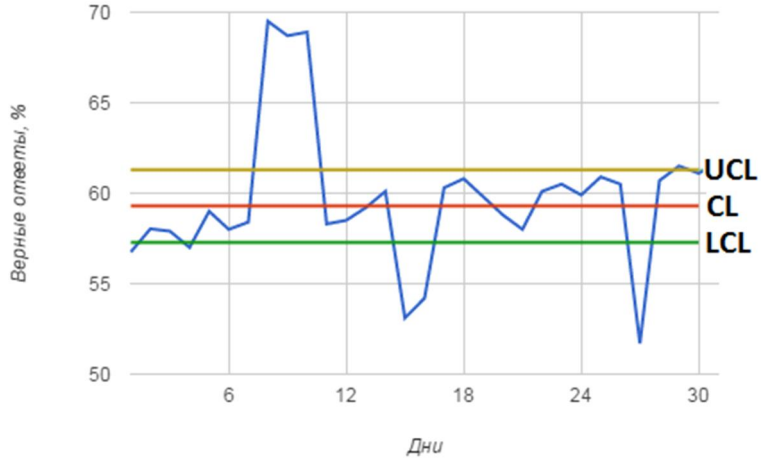


Рис. 2. Контрольная карта для проверки стабильности выбранной метрики качества диалоговой системы

В качестве метрики качества для построения контрольной карты был выбран процент верных ответов. Для расчета данной метрики используется система меток.

Формула для вычисления процента верных ответов:

$$\varepsilon_{true\_answers} = \frac{num_{true}+num_{incomplete}+num_{useful\_prompt}}{num_{all}},$$

где num_{true} – количество реплик пользователя, на которые диалоговая система предоставила верный ответ (метка «Полный ответ»); $num_{incomplete}$ – количество реплик пользователя, на которые диалоговая система предоставила верный, но неполный ответ (метка «Неполный ответ»); num_{useful_prompt} – количество реплик пользователя, на которые система предоставила полезную для пользователя подсказку (метка «Подсказка помогла»); num_{all} – общее количество реплик пользователя за выбранный интервал времени (день). num_{all} вычисляется как суммарное количество размеченных реплик пользователя.

По оси ординат откладываются значения выбранной метрики качества.

По оси абсцисс временной интервал для анализа динамики этого параметра в течение некоторого промежутка времени (день).

На координатной плоскости красным цветом обозначена центральная линия (CL). Уравнение центральной линии рассчитывается как среднее арифметическое всех рассматриваемых данных по формуле:

$$y_{CL} = \overline{\varepsilon}_{true\_answers} = \frac{1}{k}\sum_1^k \varepsilon_{true\_answers_i},$$

где k – количество дней в месяце, за который строится статистика; $\varepsilon_{true\_answers_i}$ – процент верных ответов за i-ый день месяца.

Интервал стабильности имеет две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии, которые называются верхней контрольной границей (UCL) и нижней контрольной границей (LCL).

Контрольные границы вычисляются по следующим формулам:

$$y_{UCL} = \overline{\varepsilon}_{true\_answers} + 3\sigma,$$

$$y_{LCL} = \overline{\varepsilon}_{true\_answers} - 3\sigma,$$

где $\overline{\varepsilon}_{true\_answers}$ – среднее арифметическое процентов верных ответов за рассматриваемый период времени; σ – среднее выборочное отклонение.

Среднее выборочное отклонение вычисляется по формуле:

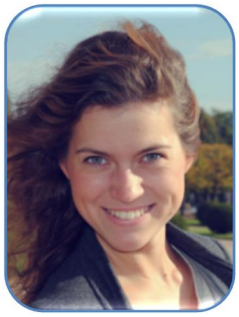
$$\sigma = \sqrt[4]{\frac{\sum_1^k(\varepsilon_{true_{answers_i}} - \overline{\varepsilon}_{true\_answers})}{k-1}},$$

где $\varepsilon_{true\_answers_i}$ – процент верных ответов за i-ый день месяца; $\overline{\varepsilon}_{true\_answers}$ – среднее арифметическое процентов верных ответов за рассматриваемый период времени; k – количество дней в месяце, за который строится статистика.

Литература

1. Yang Y. and Chute C.G. An example-based mapping method for text categorization and retrieval // ACM Trans. Inf. Syst. – 1994. – V. 12(3). – P. 252–277.
2. Liu B., Hsu W. and Ma Y. Integrating classification and association rule mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aaai.org/Papers/KDD/1998/KDD98-012.pdf, своб.
3. Ronan C., Jason W. A Unified Architecture for Natural Language Processing: Deep Neural Networks with Multitask Learning // Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning. – 2008. – P. 160–167. doi:10.1145/1390156.1390177.
4. Lee C.J. et al. Recent approaches to dialog management for spoken dialog systems // Journal of Computing Science and Engineering. – 2010. – V. 4. – № 1. – P. 1–22.

5. Roberts S., Holsinger D. Voice dialog server method and system: пат. 6999930, США. – 2006.
6. Thompson W.K., Davis P.C. Hierarchical state machine generation for interaction management using goal specifications: пат. 7505951, США. – 2009.
7. Fruchterman T.M.J., Reingold E.M. Graph drawing by force-directed placement // Software: Practice and experience. – 1991. – V. 21. – № 11. – P. 1129–1164.
8. D3JS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://d3js.org/, своб.
9. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – Введен 01.01.2000. – М.: Стандартинформ, 2008. – 26 с.



Хорошева Виктория Валерьевна
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: horoshevavika@gmail.com

УДК 004.946

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ РЕЖИМА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ МУЗЕЙНОЙ СРЕДЫ

Хорошева В.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Тропченко А.Ю.

Дополненная реальность – технология, позволяющая человеку ощущать реальный мир вместе с виртуальными объектами, наложенными на окружающую обстановку. В настоящее время популярность и востребованность дополненной реальности набирает обороты, однако в России этой сфере пока не уделяется достаточного внимания. Доля продаж к 2025 году показывает, что образованию в дополненной реальности уделяется наименьшее внимание [1–4].

Таким образом, **целью исследования** является подбор наиболее подходящего принципа построения дополненной реальности для конкретной задачи – использование дополненной реальности в музейных пространствах и реализация системы дополненной реальности для мобильных устройств, используя предложенные методы и подходы.

Обзор систем, использующих технологию дополненной реальности в музейных пространствах. Существующие приложения для мобильных устройств имеют массу недостатков и используют ограниченные возможности дополненной реальности. К примеру, приложение RM Guide недавно созданное для Русского музея в Санкт-Петербурге имеет очень низкий рейтинг – оценка 2,2 из 5 и обладает большим количеством отрицательных отзывов среди пользователей. К недостаткам можно отнести вывод информации на устройство, хотя для большого числа посетителей гораздо удобнее было использовать дополнительную информацию, напечатанную рядом с экспозицией, использование QR-кодов (необходимо полностью видеть весь код и находиться на достаточно близком расстоянии от него, что затруднительно при большом количестве посетителей) и большую вероятность того

что код не сопоставится с объектом из базы данных, а значит и информация не отобразиться.

Но существуют приложения и в большей степени реализующие потенциал дополненной реальности. В 2015 году для Астраханского музея-заповедника был создан проект, направленный на людей с ограниченными возможностями и использующий специальные очки Epson. С помощью маркера, на реальный экспонат в музее накладывается соответствующий ему 3D-объект из заранее созданной базы (рис. 1).

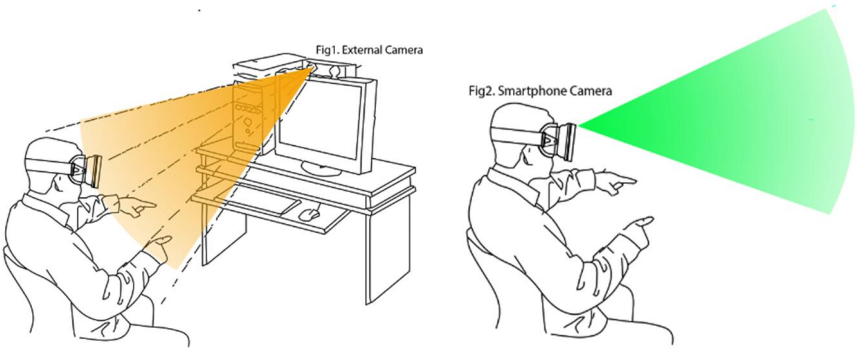


Рис. 1. Пример экспоната в реальности и в очках Epson в Астраханском музее-заповеднике

Такое использование дополненной реальности в музейных пространствах отличается от предыдущего примера, кажется более интересным и необычным для пользователя. Однако и оно кажется недоделанным до конца, имеющим потенциал для дальнейшего развития. Главным минусом данного решения стала дороговизна устройства Epson (средняя стоимость около 60000 руб., имеются в ограниченном количестве, не доступны для всех посетителей музея).

Трекинг. Для построения дополненной реальности одной из важнейших составляющих в реализации является процесс отслеживания интересующего нас объекта в окружающей обстановке (так называемый трекинг).

Оптические методы определяют местоположение объекта с помощью камер и с использованием различных алгоритмов компьютерного зрения. В этом виде трекинга камера может определять положение объекта по характерным точкам, располагаясь при этом статически (рис. 2, а). Второй возможный вариант, когда камера будет отслеживать неподвижные точки окружающего пространства, двигаясь при этом вместе с наблюдателем (рис. 2, б).



а б

Рис. 2. Расположение камеры статически (а) и на наблюдателе (б)

В музейном пространстве подразумевается, что посетителей будет большое количество, и каждому из них необходимо построить дополненную реальность с учетом местоположения каждого человека в отдельности. Поэтому второй рассмотренный вариант выглядит наиболее подходящим. В качестве камеры может использоваться смартфон или очки дополненной реальности, в качестве наблюдателя – посетитель. Помимо различий в расположении камеры, оптический метод разделяется еще на два вида трекинга:

1. трекинг на маркерной основе;
2. трекинг без использования маркера.

Второй способ обычно не учитывает масштабы объектов дополненной реальности и его местоположение. Пользователю необходимо вводить дополнительную информацию для построения объектов, что уменьшает эффект погружения в дополненную реальность. А учитывая, что большинство посетителей музеев – люди, не обладающие необходимыми компетенциями, такой интерфейс может быть чересчур сложен и непонятен.

В то же время для реализации трекинга на основе маркера потребуются только камера посетителя и заранее подготовленное место на платформе экспоната. Учитывая, что подготовка происходит всего один раз, для всех пользователей и не зависит от них, данный способ выглядит более приоритетным.

Таким образом, в качестве маркера можно использовать любую платформу и перед посетителями визуализируется модель слона в практически натуральную величину, позволяя представить себе масштабы этого животного (рис. 3).



Рис. 3. Пример построения модели слона в дополненной реальности

Поиск по характерным чертам. Для реализации дополненной графики нам необходимо совместить видеопоток, получаемый из камеры устройства и заранее созданной модели компьютерной графики. Для корректного построения объекта дополненной реальности необходимо определить масштаб, ракурс и положение модели. Корректное построение добавляет реалистичности компьютерной модели, и является одним из ключевых этапов распознавания маркера.

Алгоритмы поиска по характерным чертам строятся на выделении, на изображении ключевых особенностей. Для разных алгоритмов ключевая особенность может быть разной: контур, перепад градиента, изолированные точки или углы.

На изображении (рис. 4) была реализована дополненная реальность, с использованием алгоритмов стереозрения и нахождения ключевых точек для идентификации маркера. В качестве маркера используется изображение на экране, а вертолет – часть компьютерной графики, интегрированная в видеопоток телефона.



Рис. 4. Дополненная реальность с маркером по ключевым особенностям

Стереоскопическое зрение. Для реализации стереоскопического эффекта необходимо иметь две камеры. При этом, недостаточно будет полученное с камеры смартфона изображение дублировать (рис. 5), имитируя при этом работу двух камер.

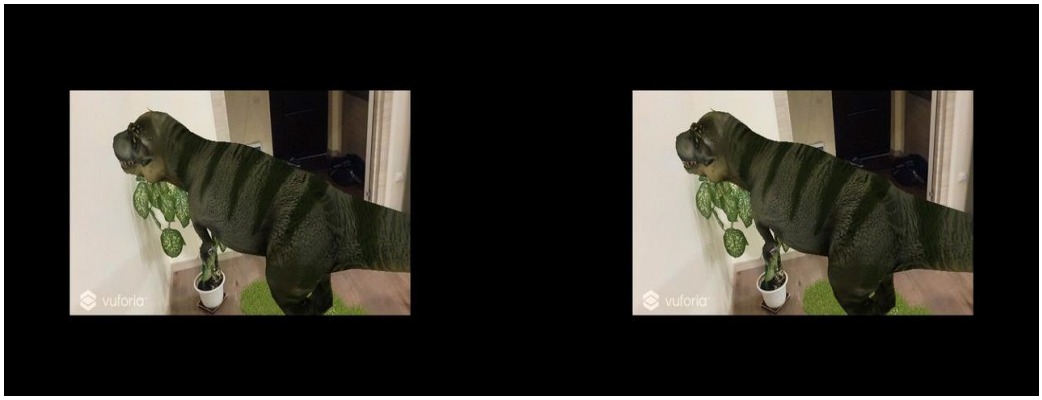


Рис. 5. Стереозрение реализованное методами Vuforia

Такая реализация не даст ожидаемого эффекта погружения, пользователю будет некомфортно смотреть в очки длительное время, будет наблюдаться быстрая усталость глаз и неприятное головокружение. Поэтому, пару камер необходимо правильно откалибровать. Так как пара камер не является физическим объектом, мы не можем откалибровать камеры путем многократной съемки и подбора необходимых параметров. Вместо этого мы можем использовать формулы эпиполярной геометрии (рис. 6).

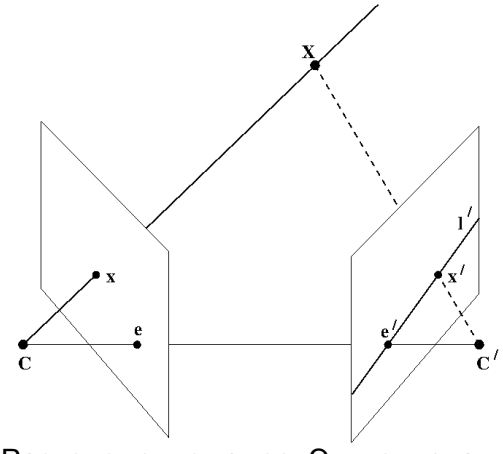


Рис. 6. Расположение камер. Эпиполярная геометрия

Распознавание жестов. Процесс взаимодействия между человеком и компьютерными технологиями постоянно идет. Не так давно, в реализации интерфейсов начала массово применяться новая технология – распознавание жестов.

На данный момент существует большое количество библиотек и методов, так или иначе, реализующих распознавание жестов. Стоит учитывать, что было реализовано стереозрение, и так как камера у мобильного устройства одна, то и область распознавания жестов, с учетом того, что большую часть экрана будет занимать трехмерная модель, небольшая.

Поэтому было принято решение создания виртуальных кнопок, расположенных рядом с объектами дополненной реальности, с понятными рисунками-подсказками. Для активации которых необходимо поднести руку к этой области экрана. Виртуальные кнопки предоставляют возможность изменять анимацию и поведение объекта, например, на рис. 7, при наведении на иконку с символом лапы, динозавр совершит прыжок, а при использовании иконки с челюстью – угрожающе откроет пасть.



Рис. 7. Реализованное приложение с виртуальными кнопками

Также появляется возможность вращения объекта, с помощью виртуальных кнопок вращения, что даст возможность рассмотреть объект со всех сторон, без необходимости обходить экспонат со всех сторон.

Литература

1. Кравцов А.А., Лоцко В.И. Особенности реализации маркерного трекинга на массовых мобильных устройствах // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 113. – С. 430–444.
2. Zhang X., Fronz S., Navab N. Visual Marker Detection and Decoding in AR Systems: A Comparative Study // Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality. – 2002. – P. 1–7.
3. Bimber O., Raskar R. Modern approaches to augmented reality // ACM SIGGRAPH. – 2006. – P. 1.
4. Kato H., Billinghurst M. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://masters.donntu.org/2013/fknt/gryshchenko/library/Marker%20Tracking.pdf, своб.



Чигиринский Андрей Алексеевич
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
кафедра компьютерных образовательных технологий,
группа № Р4220
Направление подготовки: 09.04.02 – Информационные системы и технологии
e-mail: dronicl@yandex.ru

УДК 004.8

МЕТОД МОНИТОРИНГА ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТИЧНОЙ СЕТИ

Чигиринский А.А.
Научный руководитель – к.педагог.н., доцент Жук Ю.А.

В педагогике существует задача выявления из множества различных факторов, оказывающих влияние на успеваемость, именно тех, которые играют в этом решающую роль. Интерес представляют как отдельные, так и группы коррелирующих факторов, то, как меняются значимые факторы в зависимости от учебных направлений, возраста студентов. Современные методы интеллектуального анализа данных позволяют решать подобные задачи, однако до сих пор в педагогике факторы и конкретные причины, например неуспеваемости, выявляются без применения данных методов. Проблемой исследования являлся выбор и модификация эффективного метода интеллектуально анализа данных для мониторинга значимых факторов успеваемости студентов. Решение данной проблемы позволяет не просто осуществлять прогноз успеваемости, который лишь дает ответ на вопрос, стоит ли студенту обратить внимание на свой образ жизни и отношение к учебе, но и помогает скорректировать образовательную траекторию студента. Таким образом, **целью исследования** являлась разработка и реализация эффективного метода мониторинга значимых факторов успеваемости студентов.

Задачами исследования являлись обзор состояния проблемы, выбор и модификация метода интеллектуального анализа данных, позволяющего качественно выявить и ранжировать значимые факторы успеваемости, разработка на его основе модели и программного обеспечения для мониторинга значимых факторов и экспериментальная апробация.

Фактически, решение задачи выявления значимых факторов состоит в определении зависимости между студентами и шкалой, представляющей уровни успеваемости. Для выявления зависимости подходят методы машинного обучения [1, 2]. Существует так называемая обучающая выборка, т.е. множество сопоставленных объектов X (в рамках исследования это студенты) и ответов Y (уровни их успеваемости)

$$X^n : \{(x_1, y_1), \ldots, (x_n, y_n)\},$$

$$\{x_1, \ldots, x_n\} \subset X,\ \{y_1, \ldots, y_n\} \subset Y,$$

$$y_i = y^*(x_i), i = 1 \ldots n.$$

Каждый объект имеет признаки (бинарные, количественные, номинальные):

$$f_j = X \to D_j,\ j = 1 \ldots p,$$

$$x = (f_1(x), \ldots, f_p(x)).$$

В решаемой задаче каждый признак связан с тем или иным фактором, который может влиять на успеваемость. Задача является задачей классификации, так как успеваемость студентов оценивается с помощью конечного множества: «студент учится на отлично», «имеет четверки», «имеются тройки», либо «есть задолженность».

Необходимо выбрать алгоритм, т.е. подобрать такие коэффициенты (или веса) *W*, которые бы лучше всего выполнили задачу приближения к исходной зависимости между объектами и ответами:

$$A = \left\{ a\left(x, w\right) \mid w \in W \right\}, a : X \times W \to Y .$$

Выбранный алгоритм оценивается с помощью функции потерь. Для проведения лучшего обучения нужно решить задачу минимизации суммарной ошибки (эмпирического риска) на выборке

$$W = \operatorname{argmin}_{a \in A} Q\left(a, X^n\right),$$

$$Q\left(a, X^n\right) = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} L\left(a, x_i\right) \right),$$

где $L\left(a, x_i\right)$ – функция потерь на объекте.

Основным недостатком рассмотренных исследований, посвященных поиску значимых факторов успеваемости, является отсутствие качественной модели анализа. Коэффициенты значимости факторов были получены исключительно статистическим путем из обучающей выборки. Такие коэффициенты не являются точными, так как велик риск переобучения на выборке.

Учитывая, что задачей является выявление значимости факторов, были выбраны линейные методы классификации, позволяющие легко сопоставить веса признаков со связанными с ними факторами. В линейных методах объекты обучающей выборки описываются каждый *n* вещественными признаками. Моделью бинарной линейной классификации является знак суммы произведений признаков объектов на их веса:

$$a\left(x_i, w\right) = \operatorname{sign} \sum_{j=1}^{p} f_j(x_i) w_j .$$

Логистическая регрессия является одним из методов линейной классификации. В качестве функции потерь используется логарифмическая функция. После нахождения оптимальных весов признаков возможно не только классифицировать объекты, но и оценивать вероятности их принадлежности к классам.

Учитывая, что в рамках исследования решается задача многоклассовой классификации, была построена модель многоклассовой логистической регрессии, которую можно представить как группу независимых моделей бинарной регрессии, которые для каждого из возможных классов *K* классифицируют объект либо как принадлежащий данному классу, либо не принадлежащий ему. Каждая из бинарных моделей имеет свои независимые коэффициенты *w*. Необходимо решить задачу минимизации:

$$Q\left(w, X^n\right) = \sum_{i=1}^{n} L\left(M_i\left(w\right)\right) \to \min ,$$

$$L\left(M_i\left(w\right)\right) = \log\left(1 + \sum_{k=1}^{K} e^{-M_{ik}\left(w_k\right)} \right),$$

$$M_{ik}(w_k) = y_{ik} \sum_{j=1}^{p} f_j(x_i) w_{jk},$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, y_i = k \\ -1, y_i \neq k \end{cases}, k = 1 \ldots K.$$

После настройки оптимальных коэффициентов модели становится возможным оценить вероятности того, что объект x_i принадлежит каждому из классов K:

$$P\left(y_i = k \mid x_i; w\right) = \frac{e^{-M_{ik}(w_k)}}{\sum_{k=1}^{K} e^{-M_{ik}(w_k)}},$$

$$P\left(y_i = 1 \mid x_i; w\right) + \ldots + P\left(y_i = K \mid x_i; w\right) = 1.$$

Для уменьшения эффекта переобучения, которое характеризуется завышенными абсолютными значениями весов признаков, была введена регуляризация [3]. L_1 регуляризация (или метод Лассо) штрафует слишком большие веса добавлением к общей ошибке на алгоритме суммы модулей весов. В итоге некоторые из весов обнуляются. L_2 регуляризация или гребневая регрессия добавляет к ошибке сумму квадратов значений весов. В отличие от L_1, значения весов не обнуляются, а просто ограничиваются, также L_2 имеет свойство выявлять группы коррелирующих признаков, совместно ограничивая им веса. Комбинация из двух регуляризаторов получила название Эластичной Сети. В процессе применения опытным путем необходимо подобрать оптимальные параметры регуляризации. Таким образом, в качестве метода анализа данных была использована многоклассовая логистическая регрессия с L_1 и L_2 регуляризаторами, общая задача оптимизации эмпирического риска на выборке

$$Q\left(w, X^n\right) = \sum_{i=1}^{n} L\left(M_i\left(w\right)\right) + \lambda\left(\alpha \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{K} \left|w_{jk}\right| + \left(1-\alpha\right) \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{K} w_{jk}^2\right) \to \min.$$

На основе метода было разработано ПО для мониторинга значимых факторов. Были отобраны факторы, которые могут влиять на успеваемость. Составлена анкета, вопросы которой связаны с факторами. Составлен набор признаков для выборки, каждый является либо бинарным и соответствует одному из возможных ответов на каждый вопрос анкеты, либо количественным, если вопрос подразумевает в виде ответа число. Суммарно, путем анкетирования, были получены данные 172 студентов. Для удобства данные были сведены в таблицу, в которой ответ на каждый вопрос анкеты представлялся как есть, если был в виде числа, либо номер выбранного варианта ответа на вопрос с выбором. Данные в таком виде имеют гораздо более удобный вид для работы с ними человека, чем набор формализованных признаков, снижается вероятность ошибочного заполнения таблицы, но в таком случае необходим инструмент для формализации.

Данные из таблицы в формате csv файла поступают на вход системе, согласно настройкам файла конфигурации происходит проверка и формализация переданных данных, формируется обучающая выборка. Далее выполняется подбор для обучающей выборки параметров регуляризации λ (коэффициент штрафного слагаемого), α – тип регуляризации. Был написан алгоритм, подбирающий оптимальные параметры методом кросс-валидации, снижающим вероятность переобучения. В ходе эксперимента было рассмотрено более 700 возможных комбинаций параметров, выбраны оптимальные значения.

Для реализации и настройки модели был использован язык программирования R, библиотека glmnet. В результате настройки модели была получена матрица весов признаков, по 58 для каждого из 4 классов. Наконец, с помощью настроенной модели происходит классификация формализованных объектов, переданных для прогноза.

Полученные значения весов признаков были ранжированы и сопоставлены со связанными с ними факторами успеваемости, выявлены группы коррелирующих факторов. Основная часть результатов ожидаема и не противоречит здравому смыслу, к примеру, полученные значения весов демонстрируют, что отличные результаты в учебе склонны демонстрировать студенты, имеющие повышенную стипендию (рисунок). Но были получены и не такие очевидные результаты: к примеру, студенты, состоящие в браке, имеют тенденцию к учебе на тройки. Среди групп коррелирующих факторов, к примеру, выявлена связь отсутствия у родителей высшего образования и мотивации к учебе и хорошей учебы, наличия старших брата или сестры, проживания в общежитии и учебы на тройки.

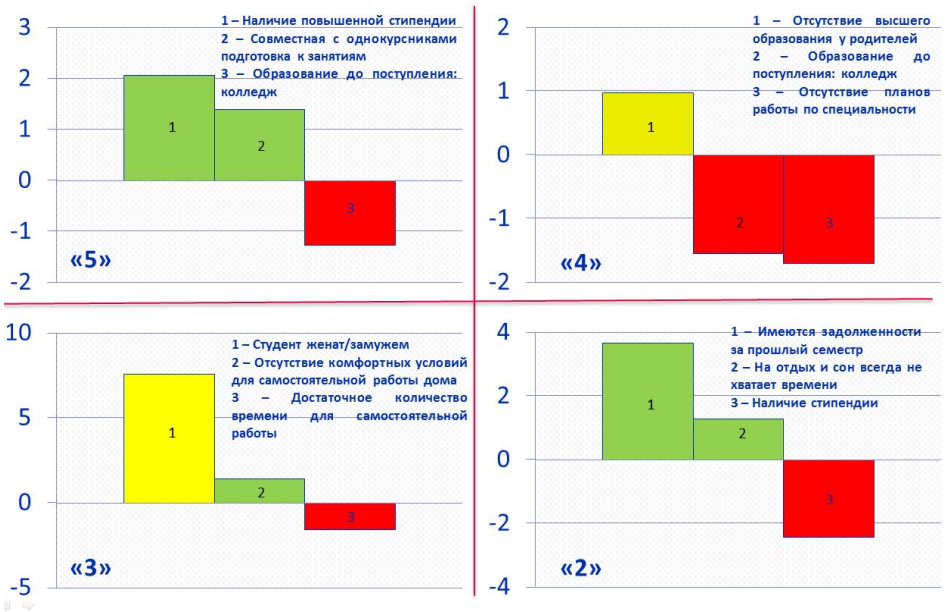


Рисунок. Результаты эксперимента

Тот факт, что полученные факторы по большей части ожидаемы, а суммарная ошибка при обучении и кросс-валидации невелика, подтверждает качество разработанного метода.

Преимуществами разработанной системы являются эффективная и качественная математическая основа, позволяющая решить проблемы переобучения и селекции коррелирующих факторов, применяется несложный для использования метод, что позволяет делать более точные прогнозы. В то же время система универсальна и способна выполнять мониторинг не только значимых факторов успеваемости, но и решать более общую задачу мониторинга значимых факторов в любой другой сфере для произвольно выбранной структуры обучающей выборки (анкетных данных любого формата).

В ходе исследования был проведен обзор состояния проблемы, выбран и модифицирован метод интеллектуального анализа данных для выявления значимых факторов успеваемости, а также разработана модель, общий подход и программное обеспечение для мониторинга факторов не только успеваемости, но и в любой другой сфере. Апробация разработанного метода подтвердила его эффективность. Результаты исследования могут быть применены в образовании, например, при принятии решений о выборе специализации, а также непосредственно в учебном процессе, кроме того, в других сферах (социология, психология и др.).

Литература

1. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf, своб.
2. Школа Анализа Данных (Яндекс): Машинное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/studies/courses/13844/1241/info, своб.
3. Жук Ю.А., Егоров А.А., Уткин Л.В. Математическая модель отбора параметров зимостойкости древесных растений на основе методов Лассо и эластичной сети // Нечеткие системы и мягкие вычисления (НСМВ-2014): труды Шестой всероссийской научно-практической конференции. – 2014. – С. 213–222.



Шабаков Роман Валерьевич
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4201
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: ramansan@rambler.ru

УДК 004.724.4

МОДЕЛЬ МНОГОПУТЕВОЙ РЕЗЕРВИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Шабаков Р.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Богатырёв В.А.

Многопутевая маршрутизация является одним из наиболее важных направлений в области маршрутизации. Данная маршрутизация основана на однопутевой маршрутизации между узлом источником и узлом назначения, где с большой вероятностью выбирается путь с минимальность стоимостью, хотя по различным ценовым показателям могут быть различные пути. Таким образом, в хорошо связанной сети может существовать несколько путей между парой узлов источника и назначения. Смысл многопутевой маршрутизации состоит в том, чтобы предоставить узлу источнику выбор одного из нескольких маршрутов в любое время к конкретному узлу назначения, используя преимущество избыточной связности в основной сети. Несколько путей могут использоваться как поочередно (трафик проходит по одному из путей в одно время), так и одновременно (трафик проходит одновременно по нескольким путям). Одной из основных целей многопутевой маршрутизации является качество обслуживания, а именно, уменьшение задержек, избежание или снижение перегрузок, а также повышение пропускной способности.

Предметом исследования является исследование эффективности многопутевой резервированной передачи данных с помощью имитационных моделей. Исследования выполнены в рамках направления работ по построению высоконадежных распределенных вычислительных систем с многопутевой резервированной маршрутизации проводимых на кафедре ВТ Университета ИТМО [1–4], в том числе работ по организации контроля функционирования исследуемых систем [5].

Рассмотрим возможности применения такой передачи в сети, представленной на рис. 1.

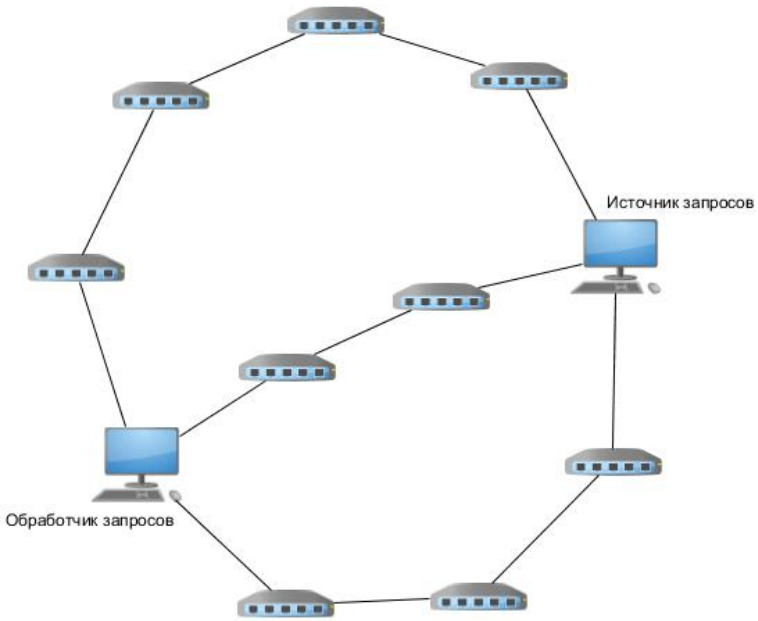


Рис. 1. Структура исследуемой сети

Сеть состоит из источника запросов, обработчика запросов, а также из маршрутизаторов и линий связи между ними, соединяющих источник и обработчик в вычислительную сеть. Резервированная многопутевая передача через сеть к серверу, обрабатывающему запросы и их копии, реализуется для обеспечения безошибочного и своевременного обслуживания хотя бы одной из создаваемых резервных копий запросов. Рассмотрены случаи, когда в распределенной системе поддерживается резервированная передача пакетов по одному, двум или трем непересекающимся маршрутам. Для уменьшения загрузки сети в модели предусмотрена возможность отбрасывания просроченных копий запросов, находящихся в буферах узлов.

Разрабатываемые имитационные модели резервированной передачи данных в исследуемой сети строятся в среде имитационного моделирования AnyLogic 7. Исследования направлены на оценку эффективности и целесообразности резервированной доставки через сеть копий запросов и их резервированного обслуживания в узлах кластера. При построении модели считается, что в сети реализуется доставка копий запросов к обработчику по непересекающимся путям, возможно, различным по числу узлов, задействованных при передаче.

Схема имитационной модели:

– источник запросов, включающий механизм копирования запросов на заранее известные пути;
– пути передачи запросов, с возможностью настройки вероятностей повреждения пакета при передаче и потери запросов в пути;
– узлы передачи, с возможностью настройки параметров длительности обработки и отбрасывания (уничтожения) пакетов по тайм-ауту.

С помощью предложенных моделей исследовалась зависимость вероятности доставки через сеть и обслуживания запросов от количества маршрутов передачи. При моделировании варьировались вероятности потерь пакетов в каналах и возникновений битовых ошибок при различных ограничениях на допустимое время пребывания запросов в системе.

При экспериментах заданы следующие параметры: экспоненциальное распределение входного потока запросов и времени обслуживания; интенсивность обслуживания в узлах – 1000 запросов в секунду.

В экспериментах варьируются следующие параметры: интенсивность генерации запросов – от 1000 до 2000 запросов в секунду; вероятность битовой ошибки b=0,0001 и b=0,00001; время тайм-аута t=0,5 с и t=1 с.

Для оценки влияния резервированной передачи на время доставки введем следующий критерий:

$$K = P(T^* - T_{\text{ср}}),$$

где P – вероятность доставки; $T_{\text{ср}}$ – среднее время доставки; T^* – максимально допустимое время доставки.

Примем максимально допустимое время доставки T^* как равное двойному времени тайм-аута в буфере.

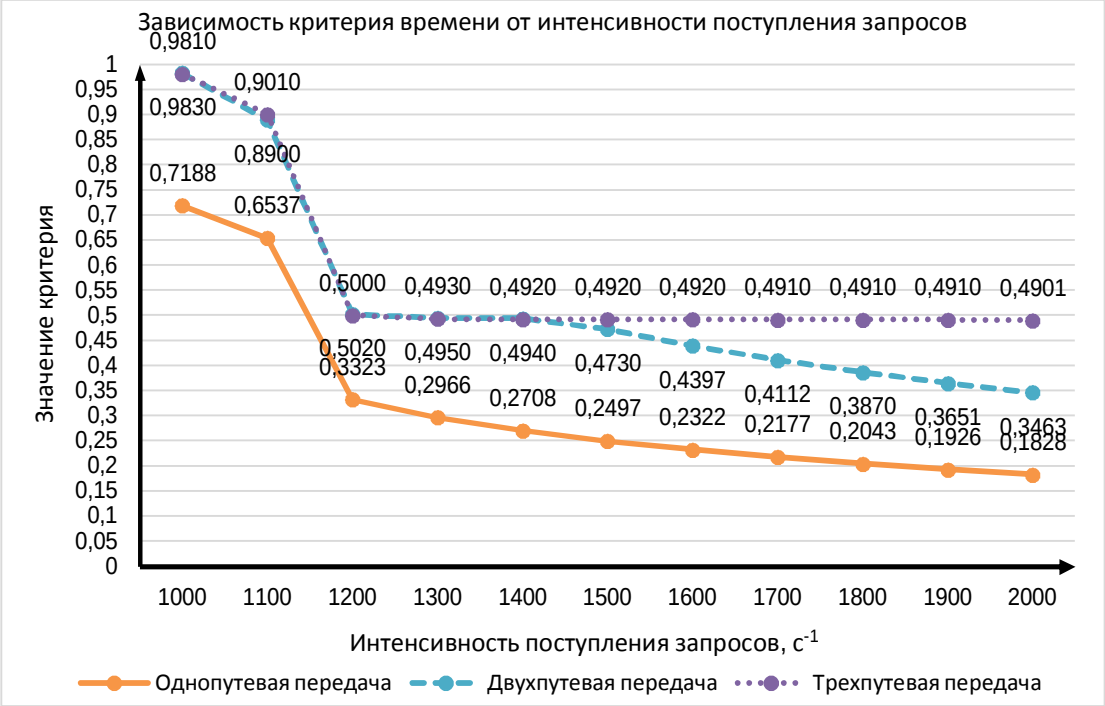


Рис. 2. Зависимость критерия времени от интенсивности поступления запросов при времени тайм-аута t=0,5 с и вероятности битовой ошибки b=0,0001 с

Из рис. 2 видно, что однопутевая маршрутизация уступает двухпутевой и трехпутевой, двухпутевая передача сопоставима с трехпутевой по совокупности среднего времени доставки и надежности при интенсивности входящих запросов до 1400 запросов в секунду, при дальнейшем увеличении входящего потока преимущество у трехпутевой передачи.

Заключение. В ходе выполнения работы были предложены имитационные модели передач пакетов в сети, позволяющие оценить эффективность резервированной передачи копий запросов по нескольким путям. Эффективность резервированного обслуживания определена в зависимости от: интенсивности входящего потока, вероятности потери пакета; вероятности битовых ошибок; времени тайм-аута в буферах узлов.

Проведенные исследования показали эффективность резервированной передачи копий пакетов по нескольким путям. Это позволяет повысить вероятность доставки хотя бы одной копии запроса в установленное время. Существуют ограничения целесообразности применения резервированной передачи копий запросов. Эти границы зависят от вероятностей потери пакетов, вероятностей битовых ошибок, а

также ограничений на время тайм-аутов запросов при нахождении в буферах узлов. Созданные в ходе выполнения работы имитационные модели могут использоваться в системах поддержки проектирования вычислительных систем при обосновании выбора и оптимизации проектных решений по созданию высоконадежных распределенных вычислительных систем, чувствительных к времени пребывания запросов.

Литература

1. Богатырев В.А., Паршутина С.А. Модели многопутевой отказоустойчивой маршрутизации при распределении запросов через сеть // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – № 12. – С. 23–28.
2. Bogatyrev V.A., Parshutina S.A. Redundant Distribution of Requests Through the Network by Transferring Them Over Multiple Paths // Communications in Computer and Information Science. – 2016. – V. 601. – P. 199–207.
3. Богатырев В.А., Паршутина С.А. Многопутевое резервированное распределение через сеть критичных к задержкам запросов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – № 10(148). – С. 41–46.
4. Богатырев В.А., Кармановский Н.С., Попцова Н.А., Паршутина С.А., Воронина Д.А., Богатырев С.В. Имитационная модель поддержки проектирования инфокоммуникационных резервированных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16. – № 5. – С. 831–838.
5. Богатырев В.А., Винокурова М.С., Шабаков Р.В., Петров П.А., Назарова М.Л. Контроль и безопасность функционирования дублированных компьютерных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 2(108). – С. 368–372.



Шулепов Владимир Андреевич
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра световодной фотоники, группа № К4206
Направление подготовки: 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи
e-mail: shulepov_vladimir@mail.ru

УДК 535-45

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОГЛАСУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА ТИПА PANDA С VCSEL

Шулепов В.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Аксарин С.М.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Договор № 217678, комплексный проект 03.G25.31.0245).

Введение. VCSEL – лазерный диод с вертикальным резонатором, имеет малый размер, благодаря небольшой активной области даже пороговый ток порядка микроампер генерирует лазерное излучение. Выходящий пучок в сечении имеет

форму круга, благодаря этому VCSEL имеет меньшую расходимость, чем лазер с торцевым излучением, что обеспечивает простоту и эффективность стыковки с оптическим волокном [1]. Возможность монолитной интеграции двумерного массива практически любой длины (ограничивается размерами подложки), низкая стоимость и простота производства также можно отнести к положительным особенностям представленного типа лазерного диода. Так как излучение выходит непосредственно из верхнего слоя, нет необходимости делать окно в слоях, как в торцевых полупроводниковых лазерах. Однако VCSEL чувствителен к обратным отражениям, следовательно, необходимо в достаточной мере их подавлять или контролировать для практического применения и стабильной работы. С другой стороны, статическое или динамическое изменение колебаний мощности VCSEL из-за оптической обратной связи может быть использовано для оптического переключения, детектирования и управления. Все, описанные выше преимущества возвышают VCSEL над остальными типами полупроводниковых лазеров.

Основная область применения VCSEL на данный момент – телекоммуникации. Однако, так как излучение VCSEL является поляризованным, то его можно применять в волоконно-оптических фазовых интерферометрических датчиках, которые являются одними из наиболее точных волоконно-оптических датчиков. На данный момент на рынке представлены VCSEL в корпусе без волокна, с входом под LC коннектор или оконцованные одномодовым волокном, но без сохранения поляризации. Однако для использования лазерного диода в упомянутых выше датчиках необходимо ввести излучение в оптическое анизотропное волокно с согласованием по поляризации. Разработке согласующей секции для решения этой задачи посвящена данная работа.

Исследование изменения величины поляризационных преобразований излучения от рассогласования осей анизотропного волокна с VCSEL. VCSEL имеет поляризованное излучение, которое необходимо ввести в анизотропное оптическое волокно в одну из собственных поляризационных осей. Однако, необходимо сначала провести исследование изменения величины поляризационных преобразований излучения от рассогласования осей анизотропного волокна и лазерного диода. Для этого воспользуемся методом согласования поляризационных осей, основанный на измерении преобразований поляризации отношением мощности оптического излучения ортогональных мод при температурном воздействии на анизотропное волокно. Для этого соберем схему как на рис. 1, а. Излучение из VCSEL с помощью шариковой линзы фокусировалось на торец анизотропного оптического волокна, имеющего скос 8° по медленной оси. Затем излучение распространялось в волокне, намотанном на катушку, после чего поступало на волоконный поляризатор, сваренный с волокном в ось с использованием поляризационного интерферометра Майкельсона с точностью до 0,1° [2]. После этого излучение поступало на измеритель оптической мощности (ИОМ). Когда излучение вводится в одну из собственных поляризационных осей волокна, то при температурном воздействии на катушку излучение, пришедшее на ИОМ, не изменяется, а когда излучение вводится под произвольным углом, то при температурном воздействии на катушку изменяется фаза излучения, пришедшего на поляризатор, а, следовательно, мы получаем диапазон значений оптической мощности при изменении температуры катушки, для фиксированного угла положения волокна. Эта зависимость отображена на рис. 1, б, где красный цвет соответствует максимуму оптической мощности, а синий – минимуму для фиксированного значения угла. Значения углов отображают лишь положение волокна при вращении, относительно начального значения и никак не связаны с положением поляризационных осей.

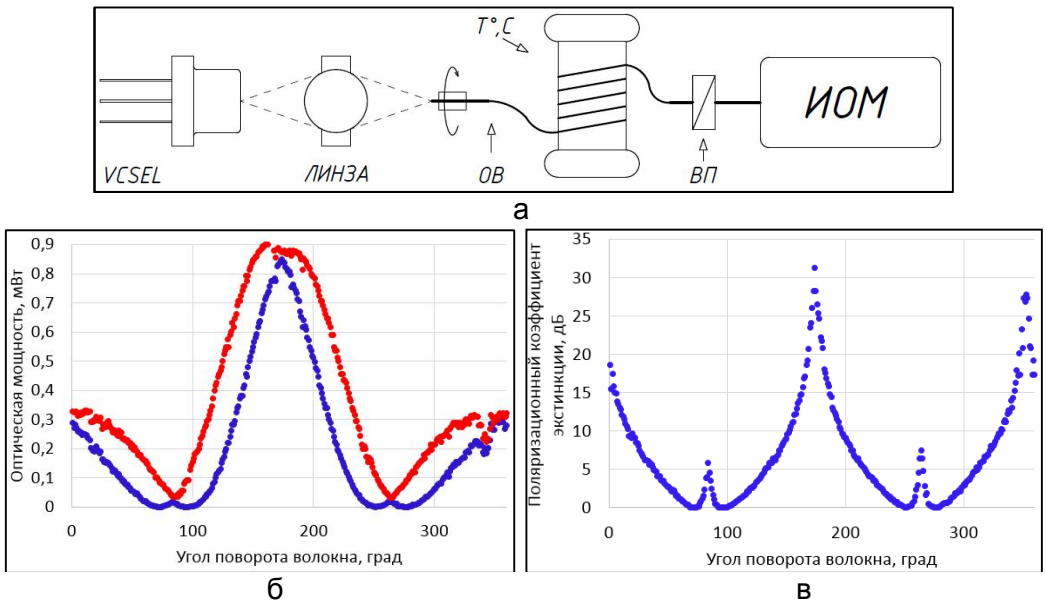


Рис. 1. Схема исследования изменения преобразования поляризации от рассогласования осей (а); зависимость оптической мощности излучения от угла согласования поляризационных осей (б) (красный цвет соответствует максимальным значениям оптической мощности, а синий – минимальным); зависимость поляризационных преобразований от угла поворота волокна (в)

Из полученных значений оптической мощности рассчитаем величину поляризационных преобразований для фиксированного угла по формуле (1) и изобразим эту зависимость на рис. 1, в.

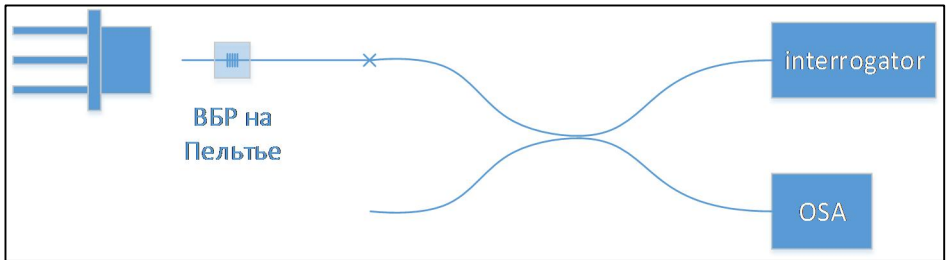
$$ER = 10\log\frac{\text{оптическая мощность быстрой оси}}{\text{оптическая мощность медленной оси}}. \quad (1)$$

Таким образом, удалось обнаружить, что минимальный разброс оптической мощности (рис. 1, б) характеризует попадание излучения в ось, а максимальный уровень оптической мощности, а также максимальное значение поляризационного коэффициента экстинкции (рис. 1, в) – попадание в рабочую ось.

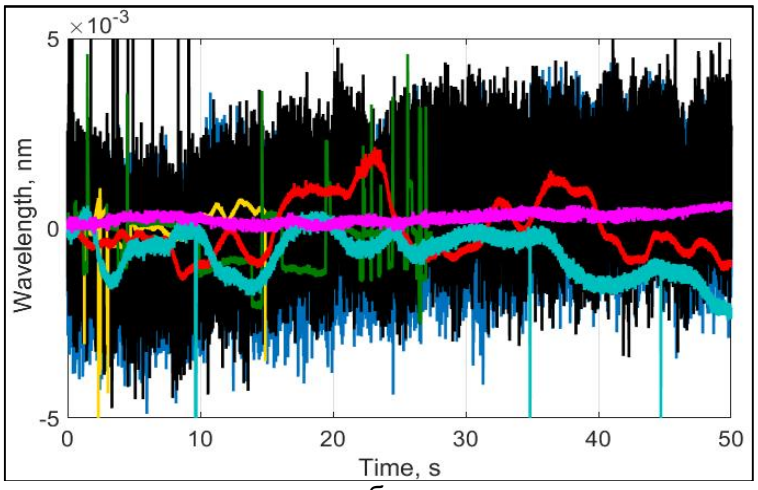
Исследование спектральных характеристик VCSEL с внешним резонатором. В спектре VCSEL содержатся две основные ортогональные моды, между которыми перекачивается мощность при воздействии обратных отражений, в тот же момент основная рабочая мода не стабильна во времени (рис. 2, б, зависимость черного цвета) [3]. Было решено уменьшить величину вариации центральной длины волны излучения VCSEL созданием внешнего резонатора с помощью волоконной брегговской решетки (ВБР).

В анизотропное оптическое волокно была записана решетка Брегга с длиной волны брегговского резонанса $\lambda_Б$=1568,176 нм, с шириной спектра на полувысоте $\Delta\lambda$=0,1 нм и с коэффициентом отражения R=100%. Была собрана оптическая схема, изображенная на рис. 1, а.

Излучение из VCSEL вводилось в оптическое волокно с записанной в него брегговской решеткой, затем поступало на Х-разветвитель, сваренный в ось с волокном, а после этого – на интеррогатор и оптический спектроанализатор. Воздействие обратных отражений от решетки может, как улучшить спектр излучения, так и ухудшить, поэтому необходимо подстраивать длину волны брегговского резонанса решетки, это осуществлялось за счет размещения ВБР на элементе Пельтье.



а



б

Рис. 2. Схема исследования спектральных характеристик VCSEL (а); зависимость центральной длины волны излучения VCSEL от времени (б). VCSEL: с линзой (синий); без линзы (черный); с решеткой на 1040 мм (желтый); с решеткой на 720 мм (зеленый); с решеткой на 325 мм (красный); с решеткой на 150 мм (голубой); с решеткой на 30 мм (сиреневый)

Было проведено исследование спектральных характеристик излучения VCSEL без использования ВБР с линзой и без линзы, а также без линзы с использованием ВБР на различных расстояниях. Во всех случаях оценивалась величина вариации длины волны и эти данные занесены в табл. 1.

Таблица 1. СКО центральной длины волны излучения для различных случаев по уровню 3σ

	С линзой без ВБР	Без линзы без ВБР	С ВБР на расстоянии 1040 мм	С ВБР на расстоянии 720 мм	С ВБР на расстоянии 325 мм	С ВБР на расстоянии 150 мм	С ВБР на расстоянии 30 мм
СКО центральной длины волны по уровню 3σ, пм	7,8	8,4	0,17	0,23	0,29	0,52	0,42

Из рисунка и таблицы видно, что величина вариации центральной длины волны излучения VCSEL с линзой и без линзы не отличается, а с использованием ВБР получилось уменьшить величину вариации больше, чем на порядок.

При воздействии обратных отражений на лазер происходят так называемые скачки моды – это перескоки центральной длины волны излучения на соседнюю продольную моду излучения лазера, величина которых вычисляется по формуле:

$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2L}$, где λ – длина волны излучения лазера; L – оптический путь всего резонатора [4].

Рассмотрим далее полученную величину скачка моды при различных расстояниях между ВБР и лазерным диодом. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Скачок моды VCSEL при различном расстоянии до ВБР

Расстояние до ВБР, мм	1040	720	325	150	30
Практическое значение скачка моды, пм	0,7	1,2	2,5	6	30

Экспериментально подтвердилась обратная зависимость значения скачка моды от расстояния до ВБР. Следовательно, необходимо на практике для стабильной работы VCSEL уменьшить длину внешнего резонатора, чтобы значение скачка моды было достаточно большим и не попадало в зону длин волн усиления лазера.

Заключение. В результате выполнения представленной работы была проведена оптимизация согласующей секции на основе анизотропного оптического волокна с VCSEL.

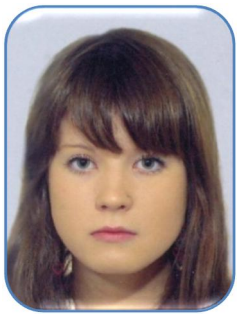
Проведенный анализ конфигурации, работы и особенностей VCSEL позволил получить, что оптимальным выбором для решения задачи оптимизации согласующей секции является анизотропное оптическое волокно с записанной в него решеткой Брегга, с помощью которой формируется внешний резонатор.

Было проведено исследование и получена зависимость поляризационного коэффициента экстинкции от угла рассогласования поляризационных осей волокна и VCSEL. Максимальное значение коэффициента экстинкции составило 32 дБ. Представленный метод позволяет согласовывать поляризационные оси с точностью до одного градуса.

Было исследовано влияние обратных отражений на спектр VCSEL и экспериментально подтверждено, что при использовании ВБР в качестве отражающего элемента внешнего резонатора можно получить более узкий и стабильный спектр излучения. Среднее квадратичное отклонение центральной длины волны излучения по уровню 3σ для лучшего случая составила порядка 0,42 пм.

Литература

1. Schwarz S. Impact of Waveguide Input Coupling on Vertical Cavity Surface Emitting Laser Diodes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pdfs.semanticscholar.org/8a67/1210103b06aae2dffccc6c373204c52f7ffa.pdf, своб.
2. Аксарин С.М. Исследование поляризационных методов и технологии согласования волоконно-оптических и интегрально-оптических волноводов: дис. на соиск. уч. ст. к.ф.-м.н. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2014. – 116 с.
3. Law J.Y. и Agrawal G.P. Effects of Optical Feedback on Static and Dynamic Characteristics of Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers // Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. – 1997. – № 3(2). – P. 353–358.
4. Hashizume N. и Nasu H. Mode Hopping Control and Lasing Wavelength Stabilization of Fiber Grating Lasers // Furukawa Review. – 2001. – № 20. – P. 7–10.



Шумилина Наталия Николаевна
Год рождения: 1993
Институт международного бизнеса и права,
кафедра таможенного дела и логистики, группа № О4210
Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика
e-mail: sb93@bk.ru

УДК 330

ТОРГОВОЕ ЭМБАРГО И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СТРАНАМИ

Шумилина Н.Н.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Введенский О.К.

В современных международных отношениях все чаще возникают противоречия между странами в сфере экономики и политики, где роль экономических санкций приобретает огромное значение. Санкции представляют собой достаточно привлекательный инструмент внешней политики, поскольку позволяют решать разногласия и конфликты с меньшими затратами и жертвами нежели войны. Среди экономических санкций наибольшее распространение получило эмбарго, которое является нетарифным торговым барьером. В современных условиях функционирования экономики торговое эмбарго занимает лидирующее место среди внешнеполитических средств ведущих стран мира [1].

На сегодняшний день внешнеэкономическая деятельность – это мощный фактор экономического роста. Развитие внешней торговли определяет зависимость субъектов внешнеэкономической деятельности.

Проанализировав тенденции различных стран в отношении санкций можно сделать вывод, что санкции со стороны запада в отношении России оказывают максимальное давление на страну.

В качестве основного инструмента выхода из кризисного состояния Россия использует импортозамещение. Оценивая эффект санкций в долгосрочной перспективе можно сделать вывод, что Россия может столкнуться с серьезными последствиями, а именно:

1. потеря возможности привлечения дешевых инвестиций;
2. потеря доступа к новым технологиям;
3. ограничение высокотехнологичного импорта может стать причиной отставания страны в этой сфере;
4. сужение ассортимента на внутреннем рынке;
5. рост цен на продовольствие (инфляция);
6. экономические потери и уменьшение валового внутреннего продукта.

Проблема экономических санкций вынуждает Россию менять не только структуру экономики, но и направление внешней политики. Приоритетным для страны становится поиск новых рынков сбыта, новых деловых партнеров и развитие импортозамещения.

Вышеотмеченное позволяет считать перспективным для российской экономики создание оффшорных зон, способствующих привлечению инвестиций. Как было выявлено в проведенном в работе исследовании Дальний Восток по всем своим параметрам подходит для этой цели.

Безусловно, в России уже существуют особые экономические зоны, которые аналогичны оффшорным зонам, правда, они значительно отличаются от них. Особая экономическая зона представляет собой территорию, на которой действуют

специальные условия осуществление предпринимательской деятельности, а также может применяться режим свободной таможенной зоны [2]. На сегодняшний день в нашей стране функционирует 15 особых экономических зон.

В России главная проблема таких зон заключается в том, что юридическое лицо, вне зависимости от места ведения деятельности, платит налоги по месту регистрации. Тогда возникают сложности с местными налоговыми органами по месту реального осуществления бизнеса, поскольку налоговые перечисления будут поступать не в местный бюджет, а на развитие неизвестного федерального субъекта.

Также стоит заметить, что в случае с Россией налоговые льготы оказались малоэффективны. Поскольку льготы небольшие, они в большей степени съедаются взносами, соответственно предпринимателям просто невыгодно перемещать куда-то свой бизнес или развивать его на какой-то определенной территории.

Кроме того, в российской практике компании, зарегистрированные в таких зонах, не освобождаются от отчетности, как это происходит за рубежом.

В настоящее время для развития Дальнего Востока государством создана территория опережающего развития, которая очень напоминает особую экономическую зону. Однако, у территорий опережающего развития, есть ряд преимуществ: во-первых, у них более широкий профиль, и они не подразделяются на типы; во-вторых, налоговые льготы намного существеннее; в-третьих, такие территории основываются на интересах инвестора [3].

Резидентам территории опережающего развития предоставляются налоговые льготы, такие как: освобождение от налога на имущество и землю в первые пять лет, налог на прибыль размером не более 5%, льготная ставка по страховым взносам в размере 7,6%.

Вроде бы условия достаточно привлекательны, но только для резидентов, поскольку под обременительную налоговую нагрузку попадает малый и средний бизнес. Единственное преимущество территорий опережающего развития для малого и среднего бизнеса заключается лишь в дополнительном спросе крупных инвесторов-резидентов на их услуги. Также хотелось бы отметить, что деятельность резидентов на таких территориях может привести к тому, что их продукция будет в разы дешевле, чем у предпринимателей вне территорий опережающего развития. Следовательно, местные предприниматели могут не выдержать конкуренции и разориться.

Неравенство в налогообложении – это не единственная проблема. Закон о территориях опережающего развития предусматривает, что компаниями-резидентами (как отечественными, так и иностранными) могут привлекаться трудовые мигранты без разрешений миграционной службы и квот. Данный закон противоречит целому ряду существующих законодательных норм в этой области. Говоря другими словами, иностранные инвесторы скорее будут привлекать на свои предприятия, располагающиеся на территориях опережающего развития, специалистов из своей страны, нежели местное население. Более того, иностранным работникам на опережающих территориях предоставляются налоговые льготы, а ряду российских работников за пределами – нет.

Вышесказанное свидетельствует о том, что Дальний Восток срочно нуждается в привлечении инвестиций, направленных в первую очередь на его развитие.

В плане создания оффшорной зоны на Дальнем Востоке (с целью экономического его развития) предлагается следующее: при использовании правильного законодательного регулирования классическая схема оффшора.

Международная классическая схема оффшора подразумевает под собой создание безналогового актива (т.е. кроме ежегодного регистрационного сбора в местный бюджет не предусмотрено никаких налоговых выплат), который привязан к конкретной территории, предназначенного для инвестирования средств. Впоследствии полученный от инвестиций доход по данной схеме либо не облагается налогами, либо облагается по

низкой налоговой ставке. Другими словами, рыночные механизмы функционируют без вмешательства государства, поскольку льготы предоставляются не лицу, в бизнес которого происходит инвестирование, а только инвестору. Таким образом, вложенные средства способствуют стимулированию развития предпринимательской деятельности, и, как следствие, экономическому росту на данной территории.

Отправной точкой создания оффшорной зоны является формирование законодательной базы. Эффективное законодательное регулирование позволит:

1. предотвращать угрозу монополизации рынка резидентами оффшорной зоны. Предоставление льгот предлагается осуществлять только в рамках налога на доходы физических лиц и налога на прибыль организации, также освобождение от уплаты налогов должно распространяться лишь на инвесторов. Любые другие налоговые льготы резидентам оффшора могут привести к несправедливой конкуренции с субъектами, занимающимися аналогичной деятельностью вне оффшорной зоны. Несправедливость конкуренции будет заключаться в том, что резидентам будут предоставляться необоснованные преимущества в виде особых условий ведения бизнеса, что повлечет за собой такие последствия, как установление монопольно высоких цен на товары и услуги. Единственной привилегией могли бы стать особые условия ведения бизнеса на соответствующей территории, заключающиеся в предоставлении дешевых кредитных ресурсов со стороны внешних инвесторов. Представляется, что при идеальном раскладе число заинтересованных инвесторов будет настолько высоким, что они сами будут конкурировать между собой и искать резидентов оффшора;
2. ввести запрет на предоставление таможенных льгот и режима свободной таможенной зоны резидентам оффшорных зон. Причина довольно проста: нарушение справедливой конкуренции на внутреннем рынке и ослабление позиции отечественных производителей. Вышеотмеченное должно осуществляться в соответствии с целью мировой практики создания оффшорных зон – это, прежде всего, стимулирование внутреннего производителя, включая экспорт отечественной продукции в зарубежные страны;
3. создание инфраструктуры на Дальнем Востоке. Необходимо использовать не прямое расходование бюджетных средств, а конкурсную основу среди банков, расположенных в оффшорной зоне, для кредитования хозяйствующих субъектов. При этом государством должна быть установлена фиксированная процентная ставка на уровне инфляции, а проведение конкурса среди банков должно происходить за минимальную процентную ставку по кредитам резидентам. Для совершенствования данной системы необходимо ввести требование для банков, связанное с тем, что если они не используют все полученные средства для кредитования лиц, осуществляющих хозяйственную деятельность на территории Дальнего Востока, то по истечению срока банки будут обязаны вернуть средства государству с процентами, эквивалентными среднерыночной российской процентной ставке по кредитам. Такой механизм обязует банки конкурировать за заемщиков между собой, а государство сможет вернуть обратно изначально предоставленные средства, обеспечивая при этом предпринимателей оффшора необходимыми дешевыми кредитными ресурсами;
4. ввести запрет миграции уже созданного бизнеса. Как правило, такая схема проводится для снижения своего налогообложения и с целью приобретения дешевых инвестиционных ресурсов. Проблема здесь состоит в том, что развитие Дальнего Востока будет происходить за счет ухудшения ситуации других субъектов. Говоря иначе, предпринимательская деятельность, осуществляемая на территории других субъектов России, может только расширяться в оффшорной зоне, а не «переезжать» в нее.

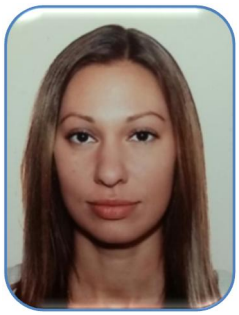
Другой выход, это создать перечень требований, обязательных для выполнения «приезжающему» бизнесу, чтобы получить доступ к дешевым кредитным ресурсам. Данный перечень должен содержать в себе следующие обязанности и запреты:

– запрет на ликвидацию дочерних компаний и филиалов за пределами оффшорной зоны, который не даст возможности переехать бизнесу;
– запрет на сокращение количества рабочих мест в других структурных подразделениях компании не позволит оффшору развиваться за счет других субъектов;
– обязанность расходовать полученные льготные инвестиционные средства на активы, используемые только на территории оффшора, станет гарантией, что средства расходуются именно на развитие экономики данного региона;
– в составе работников не менее 40% должны быть представителями местного населения. Это даст возможность для создания новых рабочих мест депрессивного региона.

На данный момент ни одна из существующих в Российской Федерации особых экономических зон не учитывает выше рассмотренных требований. Именно поэтому создание нового оффшора, учитывающего данные требования, представит собой совершенно новый инструмент развития экономики, который будет базироваться на успешной зарубежной практике. При этом основная задача его функционирования будет заключаться в развитии данного региона и ликвидации бедности.

Литература

1. Прокушев Е.Ф., Костин А.А. Внешнеэкономическая деятельность: учебник и практикум. – 9-е изд., пер. и доп. – М.: Юрист, 2015. – 537 с.
2. Особые экономические зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/sez/, своб.
3. Экономическое развитие Дальнего Востока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://forumvostok.ru/wp-content/uploads/2016/11/pdf, своб.



Шумова Мария Александровна
Год рождения: 1994
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра фотоники и оптоинформатики, группа № V4200
Направление подготовки: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: maria.shumova2010@yandex.ru

УДК 532.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА СТЕНКУ СОСУДОВ И ИХ ОПТИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Шумова М.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Чивилихин С.А.

Данная работа относится к области медицины высоких технологий, где необходимо использование тончайших материалов, сверхчувствительных приборов для управления операционными и/или терапевтическими процессами при воздействии на человеческий организм.

За последние десятилетия все большее внимание привлекает использование наночастиц с магнитными свойствами в биомедицине. Это связано с возможностью

дистанционного управления ими и конструкциями на их основе при воздействии внешнего магнитного поля. Вплоть до сегодняшнего дня магнитные наночастицы успешно используются в качестве контрастных препаратов в магнитно-резонансной томографии (МРТ) [1]. В работе исследуется процесс эмболизации (закупорки) кровеносных сосудов с использованием магнитных наночастиц при воздействии на них внешнего магнитного поля и оптического нагрева.

Процесс эмболизации происходит в два этапа:

1. в кровеносный сосуд вводится суспензия с магнитными наночастицами, которые осаждаются на стенку сосуда, под воздействием внешнего магнитного поля;
2. применяется тепловое воздействие.

Под нагревом, частицы передают тепло крови, после чего происходит ее свертывание и закупоривание сосуда в том месте, где это требуется.

Эмболизация кровеносных сосудов применяется при остановке кровотечений различного происхождения, остановке кровоснабжения к опухоли, с целью уменьшения ее размера, лечении сосудистых заболеваний [2].

При использовании магнитных наночастиц в составе препаратов для эмболизации сосудов появляется возможность управлять частицами с помощью внешнего магнитного поля для концентрирования их в нужной области сосуда и контролировать результаты терапевтического воздействия с помощью МРТ. Такой метод является более безопасным для пациента по сравнению с рентгеном, который применяется сегодня при контроле процесса эмболизации [3].

Целью работы является разработка теоретического метода оценки возможности эмболизации сосудов в системах с оптическим нагревом.

Для изучения процесса эмболизации сосудов сотрудниками медицинского исследовательского центра имени Алмазова был создан испытательный стенд, имитирующий участок системы кровоснабжения. Главным элементом стенда являлась трубка из пирексного стекла диаметром 1 см. Накопление нанообъектов создавалось неодимовым магнитом, расположенным вдоль оси стеклянной трубки. В результате эксперимента значительное осаждение наблюдалось на концах магнита [4]. В работе выполнено математическое моделирование описанного эксперимента.

Были исследованы сферические наночастицы диаметром 500 нм, представляющие собой ядро из оксида железа, покрытое оболочкой из диоксида кремния. Для отслеживания траекторий движения частиц в модели численно интегрировалась следующая система уравнений:

$$\begin{cases} m\dfrac{d^2x}{dt^2} = F_x - a\dfrac{dx}{dt} \\ m\dfrac{d^2y}{dt^2} = F_y - a\dfrac{dy}{dt} \\ m\dfrac{d^2z}{dt^2} = F_z - a\left(\dfrac{dz}{dt} - V_p\right) \end{cases}$$

где x, y, z – координаты частицы; t – время; m – масса частицы; α – коэффициент трения частицы о жидкость; F_x, F_y, F_z – компоненты магнитной силы, действующей на частицу в магнитном поле; V_p – профиль Пуазейля.

С начальными условиями:

$$t=0:\ x=x_0,\ y=y_0,\ z=z_0,\ \frac{dx}{dt}=0,\ \frac{dy}{dt}=0,\ \frac{dz}{dt}=V(x_0, y_0).$$

Компоненты индукции магнитного поля определялись из выражений [5]:

$$B_x = -\frac{K}{2}\left[\Gamma(a-x,y,z)+\Gamma(a-x,b-y,z)-\Gamma(x,y,z)-\Gamma(x,b-y,z)\right]_o^h,$$

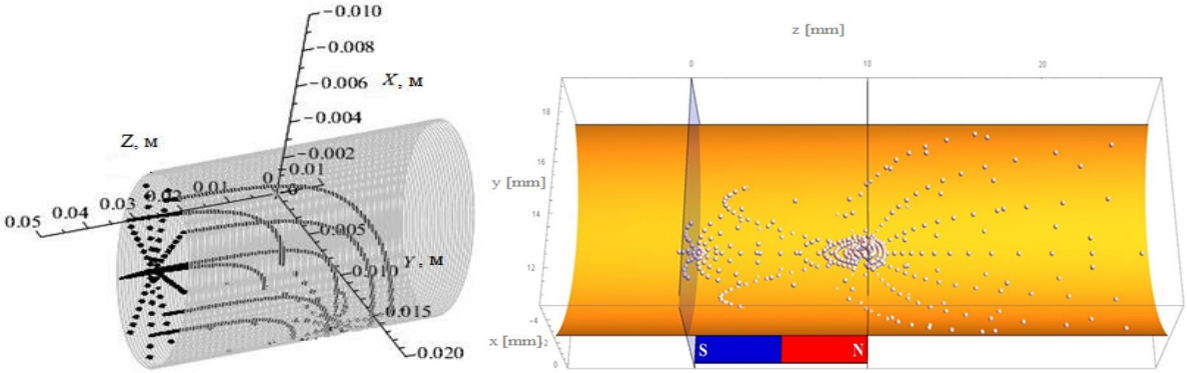
$$B_y = -\frac{K}{2}\left[\Gamma(b-y,x,z)+\Gamma(b-y,a-x,z)-\Gamma(y,x,z)-\Gamma(y,a-x,z)\right]_o^h,$$

$$B_z = -K[\varphi(y,a-x,z)+\varphi(b-y,a-x,z)+\varphi(x,b-y,z)+\varphi(a-x,b-y,z)+$$
$$+\varphi(b-y,x,z)+\varphi(y,x,z)+\varphi(a-x,y,z)+\varphi(x,y,z)]_0^h,$$

где a, b, h – стороны магнита; K – параметр, характеризующий намагниченность магнита,

$$\Gamma(\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3) = \ln\left(\frac{\sqrt{\gamma_1^{\,2}+\gamma_2^{\,2}+(\gamma_3-z_0)^2}-\gamma_2}{\sqrt{\gamma_1^{\,2}+\gamma_2^{\,2}+(\gamma_3-z_0)^2}+\gamma_2}\right),$$

$$\varphi(\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3) = \begin{cases} \arctan\left[\dfrac{\varphi_1}{\varphi_2}\dfrac{\varphi_3-z_0}{\sqrt{\varphi_1^{\,2}+\varphi_2^{\,2}+(\varphi_3-z_0)^2}}\right], y\neq 0. \\ 0, y=0 \end{cases}$$



а б

Рис. 1. Траектории движения магнитных наночастиц под воздействием внешнего поля постоянного магнита (края магнита имеют координаты: z=0, z=0,01) (а); изображение магнитных наночастиц, осевших на стенку сосуда (б)

Рассчитанные траектории движения частиц (рис. 1, а) позволили оценить массовый поток наночастиц, который определялся из баланса массовых потоков в начальном сечении и на стенке сосуда (рис. 1, б).

$$j = \frac{\Delta S_0}{\Delta S} j_0,$$

где j – массовый поток наночастиц в начальном сечении сосуда; j_0 – массовый поток наночастиц в сечении на стенке сосуда; S_0 – площадь начального сечения; S – площадь сечения на стенке сосуда.

Из графика, представленного на рис. 2 видно, что наибольшее осаждение частиц на полюсах постоянного магнита, где градиент индукции магнитного поля наибольший, что согласовывается с экспериментом. На основе рассчитанных траекторий движения частиц в сосуде, массовой плотности потока наночастиц и зная длительность осаждения, можно определить число осевших частиц и толщину их покрытия. Это было использовано для оценки изменения температуры крови в сосуде при оптическом нагреве магнитных наночастиц. Были получены два условия, при которых возможна эмболизация сосудов в системе:

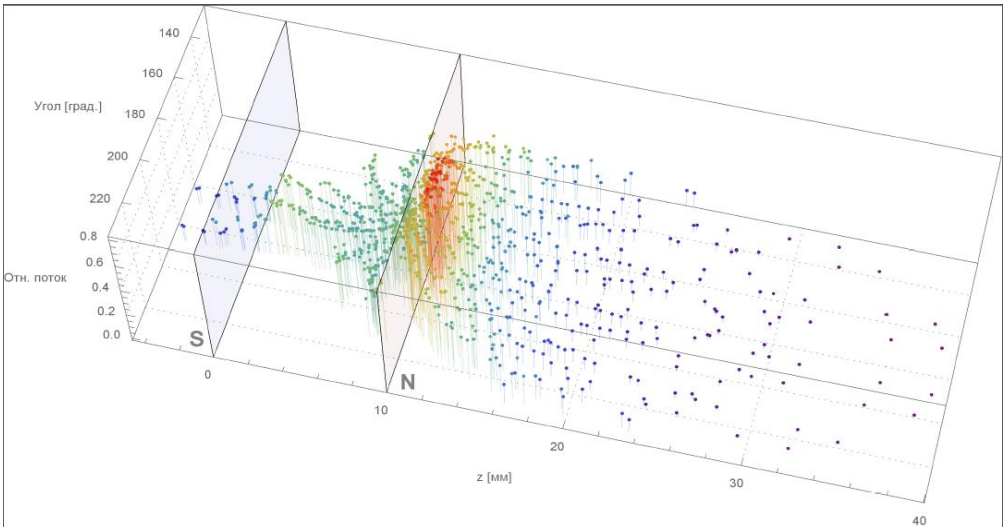


Рис. 2. Распределение массового потока магнитных наночастиц, оседающих на стенку сосуда в магнитном поле

1. условие на приращение температуры (для обеспечения сворачиваемости крови):

$$T_0 + \Delta T \geq T_к,$$

$$\Delta T = \frac{3}{2}\frac{\rho}{\rho_ч}\frac{q\Delta t к I_0}{c\rho_ж}$$

где T_0 – нормальная температура крови человека; ΔT – температура, на которую нагрелись частицы; $T_к$ – температура сворачивания крови; ρ – концентрация частиц; q – доля осевших частиц по отношению к числу частиц, введенных в сосуд; Δt – время осаждения частиц; к – коэффициент поглощения частиц; I_0 – интенсивность падающего света; $\rho_ч$ – плотность частицы; c – удельная теплоемкость крови; $\rho_ж$ – плотность крови;

2. ограничение на объемный расход крови в сосуде (для прогрева всего сечения сосуда):

$$Q < 2\pi\alpha L,$$

где Q – объемный расход крови в сосуде; α – температура теплопроводности крови; L – ширина нагреваемой зоны.

Исходя из полученных условий, был сделан вывод о том, что применение оптического нагрева для эмболизации сосудов может быть эффективным для мелких кровеносных сосудов (малых артерий, артериолл).

Литература

1. Xiaoming Li, Jianrong Wei, Katerina E. Aifantis, Yubo Fan, Qingling Feng, Fu-Zhai Cui, Fumio Watari. Current investigations into magnetic nanoparticles for biomedical applications // Journal of Biomedical Materials Research Part A. – 2016. – V. 2. – № 104(5). – P. 1285–1296.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusmedserv.com/radiology/catheter-embolization/, своб.
3. Королев Д.В., Наумышева Е.Б., Гареев К.Г., Лучинин В.В., Панов М.Ф., Пермяков Н.В. Коллоидные частицы на основе оксида железа с оболочкой из диоксида кремния для катетерной эмболизации под контролем МРТ // Трансляционная медицина. – 2015. – № 4. – С. 48–53.
4. Королев Д.В., Галагудза М.М., Афонин М.В., Шуткевич В.В. Изучение процесса магнитоуправляемой доставки наночастиц магнетита в модельной системе in vitro // Трансляционная медицина. – 2015. – № 4. – С. 20–27.

5. Xiao-fan G., Yong Y., Xiao-jing Z. Analytic expression of magnetic field distribution of rectangular permanent magnets // Applied Mathematics and Mechanics. – 2004. – V. 25. – № 3. – P. 297–306.



Ювшин Александр Михайлович
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4283
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: yuvshin.alex@yandex.ru

УДК 678

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ювшин А.М.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Андреев Ю.С.

Исследование технологии формирования сложнопрофильных изделий из термопластичных полимерных композиционных материалов (ПКМ) является актуальной темой, из-за роста мирового потребления ПКМ. Мировой объем производства и потребления ПКМ с каждым годом возрастает, например, на 2011 год он составил около 13 млн. т, а в 2016 году уже 16 млн. т [1]. Рост обусловлен тем, что все больше ужесточаются требования к механико-прочностным и эксплуатационным характеристикам конечного изделия, а ПКМ за счет своей низкой плотности, высокой жесткости, прочности и химической стойкости может их обеспечить. Потребителями ПКМ являются различные отрасли промышленности, начиная от производителей спортивного инвентаря и заканчивая аэрокосмической отраслью.

В настоящее время больше всех ПКМ используют такие высокотехнологические отрасли как аэрокосмическая – 20% от общего объема, и автомобильная – 30% от общего объема [2]. Из мирового объема, производимого и потребляемого полимерного композиционного сырья, Россия потребляет около 0,5–1%, что составляет около 0,13 млн. т. Низкие показатели связаны не только с не достаточной развитостью химической промышленности, но и отставанием в передовых технологиях формования различных изделий из современных ПКМ [3].

Мировые тенденции, в свою очередь, показывают все большее смещение к композиционным материалам на основе термопластичного связующего, которые имеют ряд преимуществ перед термореактивными композитами. Термопластичный композит поддается вторичной переформовке, термореактивные невозможно заново расплавить и переформовать. Термопласты имеют неограниченный срок годности при хранении, у термореактивных материалов средний срок годности составляет 6 месяцев при хранении в замороженном виде. Термопласты более устойчивы к агрессивным средам, таким как авиационные жидкости, имеют низкую токсичность и дымообразование, а также имеют низкую гигроскопичность, что является важным требование для авиационной и космической техники [4–6]. Поэтому с растущим использованием термопластичных композитов активное развитие получают вне

автоклавные технологии, так как технологии переработки термореактивных композитов не подходят для термопластов из-за их высокой вязкости.

Основной особенностью вне автоклавных технологий является меньшая себестоимость готового изделия и меньшее технологическое время и высокая степень автоматизации, так как автоклавные технологии дорогостоящие, из-за высокой цены оборудования – автоклава, автоклавные технологии ограничены в габаритных размерах изготавливаемых деталей, а технологическое время на изготовление детали напрямую зависит от времени отверждения полимера, которое не может быть уменьшено [7].

В связи с этим становятся актуальными исследования, направленные на изучение и разработку новых технологий формирования изделий из термопластичных ПКМ. Работы в этой области позволят получить продукцию, обладающую высокими функциональными свойствами по сравнению с изделиями, изготовленными из традиционных конструкционных материалов. На сегодняшний день существует большое количество зарубежных работ, посвященных тематике разработки новых технологий формирования деталей из термопластичных ПКМ, но отечественных работ крайне мало и большинство из них не имеют практической реализации.

Новизна данной работы направлена на разработку и практическое применение технологии формирования деталей из термопластичных ПКМ.

Основная **цель работы** – разработка и исследование технологии получения сложнопрофильных изделий из термопластичных композиционных материалов.

Для достижения поставленных целей в работе решались следующие задачи:
- анализ требований к деталям и изделиям;
- анализ современных технологий для изготовления деталей из ПКМ;
- разработка и реализация технологии для производства деталей из термопластичных ПКМ.

В работе был проведен сравнительный анализ составных частей ПКМ таких, как полимерное связующее и армирующий наполнитель. По итогам сравнительного анализа был сделан вывод, что термопластичные полимерные связующие обладают лучшими эксплуатационными характеристиками, просты в переработке и хранении. Вместе с тем лучшим армирующим наполнителем является непрерывное однонаправленное углеродное волокно, которое превосходит все остальные виды волокон по прочностным характеристикам.

Таким образом, данные материалы являются лучшими для изготовления термопластичного ПКМ, механические и эксплуатационные свойства которого будут выше, чем у термореактивного ПКМ.

Следующей частью работы было проведение сравнительного анализа технологий изготовления сложнопрофильных деталей из ПКМ, исходя из сформированных требований, вытекающих из современных тенденций, таких как:
- высокие механико-прочностные характеристики готового изделия;
- серийности выпускаемых изделий;
- точность армирования;
- номенклатура выпускаемых изделий;
- высокая производительность;
- низкая энергозатратность.

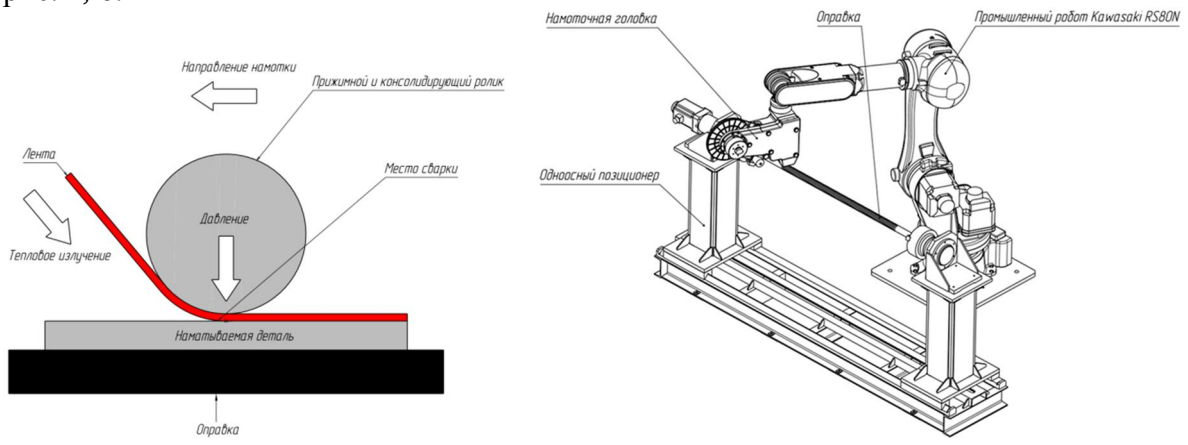
Для реализации технологии получения сложнопрофильных изделий из термопластичных композиционных материалов в данной работе была выбрана технология автоматизированной намотки из-за ее широкой номенклатуры, высоких прочностных характеристик готовых деталей, низкой энергозатратности и высокой точности армирования. В основе технологии лежит автоматизированная намотка термопластичной ленты препрега на формообразующую оправку, путем подвода

тепла, необходимого для расплавления ленты, и дальнейшей консолидации, с приложением необходимого давления. Схема автоматизированной намотки термопластичной ленты препрега показана на рис. 1, а.

Для этого обычно используют специально сконструированные станки портального типа, токарные станки с числовым программным обеспечением, или роботизированный комплекс. Для получения изделия с необходимыми свойствами нужно контролировать следующие параметры процесса [8–11]:

– скорость намотки ленты препрега (м/мин);
– температуру теплового излучения (°С);
– угол падения теплового излучения в зоне сваривания разных слоев ленты (°);
– давление прижимного ролика (Н);
– скорость вращения формообразующей оправки (об/мин).

По результатам проведенного анализа зарубежной литературы технология автоматизированной намотки была разработана на базе лаборатории компании ООО «Би Питрон СП». Для реализации процесса автоматизированной намотки был спроектирован роботизированный комплекс, состоящий из промышленного робота Kawasaki RS80N с семью степенями свободы, системой подвода тепла в виде твердотельного Nd:YAG-лазера фирмы LIMO, с длиной волны 790–990 нм и мощностью 500 Вт, оснастки в виде одноосного позиционера, и наматывающей головки для робота, которая состоит из механизма контроля и подачи ленты из ПКМ, прижимного силиконового ролика, изготовленного из прозрачного для лазерного излучения материала. Вид такого роботизированного комплекса изображен на рис. 1, б.



а б

Рис. 1. Принцип технологии автоматизированной намотки (а); роботизированный комплекс по автоматизированной намотке ленты (б)

Физика процесса в данном исполнении заключается в следующем. В оснастку робота заправляется термопластичный препрег. Лента закрепляется на оправке и вследствие нагрева препрега лазером до температуры плавления полимерного связующего, давления прижимного ролика и заданной программы, робот производит намотку ленты, возникает явление аутогезии и сварка ленты между собой, при этом прижимной ролик выступает в качестве инструмента для консолидации полимера после его расплавления. При помощи данной технологии, возможно, получать изделия с различными механическими характеристиками, путем намотки ленты под разными углами к оси изделия – это в основном углы: 45°, 90°, 0°, а также изменяя оправку, можно получать изделия различной геометрической формы [8].

На данном оборудовании были исследованы и экспериментально выявлены технологические параметры процесса намотки, представленные в таблице.

Таблица. Технологические параметры процесса

Параметры	Ед. изм.	Значение
Температура излучения лазера	°C	310
Скорость намотки	м/мин	4
Прижимное давление	Н	100
Угол падения лазерного излучения	градус	14,5

Контроль и мониторинг технологических параметров процесса был реализован по схеме, представленной на рис. 2. На данный момент система позволяет управлять лазером и соответствующими его параметрами, и роботом. Робот управляется при помощи управляющей программы, написанной в системе Delmia, передаваемой на контроллер управления при помощи USB интерфейса. Лазер управляется при помощи программного обеспечения, уставленного на компьютер и подключенного к драйверу управления лазером через интерфейс Ethernet.

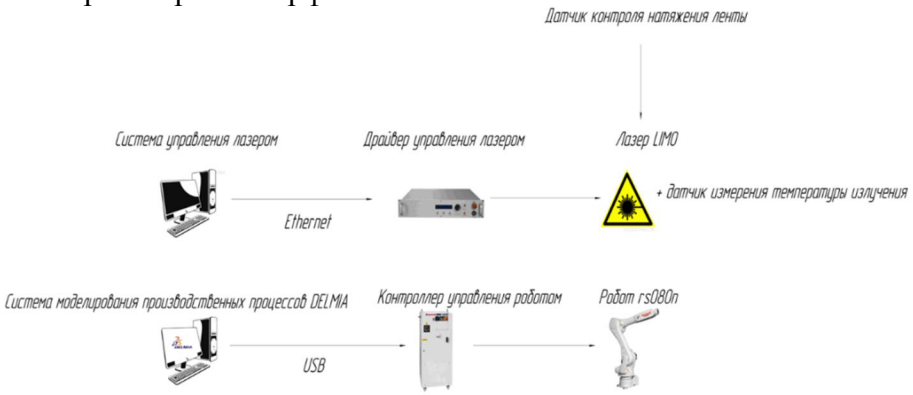


Рис. 2. Схема системы управления установки автоматизированной намотки ленты

Для обеспечения данных параметров процесса была сконструирована наматывающая головка, которая включает в себя прижимной механизм, механизм для позиционирования лазера и механизм подачи ленты. Наматывающая головка изображена на рис. 3.

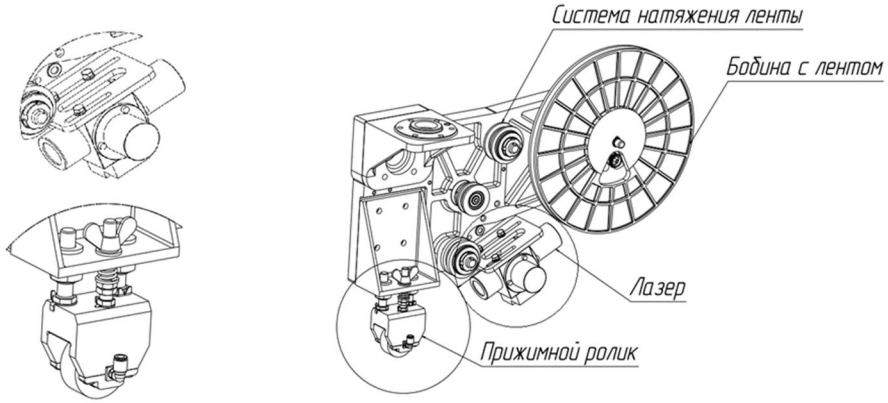


Рис. 3. Наматывающая головка



а б в

Рис. 4. Образцы: прямоугольной трубы (а, б); сложнопрофильной детали (в)

В результате испытания установки по автоматизированной намотке ленты были получены детали, изготовленные из термопластичного полифениленсульфида, армированного однонаправленным волокном. Такие детали изображены на рис. 4.

Таким образом, в работе был проведен анализ материалов и современных технологий изготовления сложнопрофильных деталей из ПКМ. По результатам данного анализа была реализована технология автоматизированной намотки, выбрано и изготовлено необходимое оборудование и оснастка, выявлены и исследованы основные технологические параметры процесса намотки. В перспективе планируется модернизация оборудования, дальнейшее исследование технологических параметров процесса и выявление новых.

Литература

1. Каблов Е. Композиты: Сегодня и Завтра // Наука и технологии. – 2015. – С. 36–39.
2. Носырев И. Композиция глобальной индустрии // РБК. – 2016. – № 12. – С. 110–116.
3. Полимерные композиционные материалы в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://polymery.ru/letter.php?n_id=5398&cat_id=3, своб.
4. Enes Akca, Ali Gursel. A Review on the Matrix Toughness of Thermoplastic Materials // Periodicals of engineering and natural sciences. – 2015. – V. 3. – № 2. – P. 1–8.
5. The Outlook for Thermoplastics in Aerospace Composites, 2014-2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.compositesworld.com/articles/the-outlook-for-thermoplastics-in-aerospace-composites-2014-2023#carousel6c6739d1-6331-42bf-9dc1-aa0cfa0833b2, своб.
6. PPS for Continuous Fiber Composites Aerospace Applications // Celanese. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://celanese.com/engineered-materials, своб.
7. Kulbir Singh Madhok Comparative characterization of Out-of-Autoclave Materials made by Automated Fiber Placement and Hand-Lay-Up Processes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spectrum.library.concordia.ca/978552/1/Madhok_MASc_S2014.pdf, своб.
8. McIlhagger A., Archer E., McIlhagger R. Manufacturing processes for composite materials and components for aerospace applications // P.E. Irving, C. Soutis, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering: Number 50 Polymer Composites in the Aerospace Industry. – Cambridge: Woodhead Publishing. – 2015. – P. 53–75.
9. Schmitt R., Witte A. Control of a thermoplastic tape winding process with optical in-line metrology // Proceedings in Manufacturing Systems. – 2012. – V. 7. – № 3. – P. 125–130.
10. Grouve W.J.B., Warnet L.L., Rietman B., Visser H.A., Akkerman R. Optimization of the tape placement process parameters for carbon–PPS composites // Composites: Part A. – 2013. – № 50. – P. 44–53.
11. Maurer D., Mitschang P. Laser-powered tape placement process – simulation and optimization // Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science. – 2015. – № 1:3. – P. 129–137.

УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ



Агаркова Кристина Андреевна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: Kristina_Agarkov@mail.ru

УДК 637

РАЗРАБОТКА СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНОГО ДЕСЕРТА ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Агаркова К.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Силантьева Л.А.

Молочные продукты являются наиболее сбалансированным видом пищевых продуктов и составляют значительную часть в рационе человечества: их годовое потребление достигает 16% всех видов пищи.

Среди объемного ассортимента молочных продуктов – кисломолочные продукты являются наиболее потребляемыми. Это связано с тем, что они подходят для всех возрастных групп населения. Производятся большое количество молочных продуктов для детского питания, а также молочные продукты геродиетического назначения [1–5].

Тема данной работы основана на стремлении ввести в уже известный продукт пищевые добавки, которые обладают лечебно-профилактическими свойствами, с последующим исследованием свойств готового продукта.

В настоящее время кисломолочные десерты получили особую популярность за счет приятного вкуса и привлекательных качеств для потребителя. Именно поэтому кисломолочный десерт стал основным продуктом в проведении данной работы.

Использование в качестве компонента сывороточных белков, в первую очередь повышает биологическую ценность продукта, а также способствует переработке молочной сыворотки, которая является в молочной промышленности вторичным сырьем.

Для придания сладкого вкуса в исследуемом продукте используется натуральный подсластитель – стевия, которая обладает большой сладостью и позволит понизить содержание калорий.

Целью исследований является разработка состава и технологии кисломолочного десерта для диетического питания.

Задачами исследования являются:

- изучение динамики кислотонакопления в процессе сквашивания образцов с содержанием различной массовой доли наполнителей;
- подбор оптимальной массовой доли наполнителей и их соотношения;
- исследование органолептических свойств полученных образцов;
- определение сроков хранения готового десерта;
- разработка состава и технологической схемы производства кисломолочного десерта.

Первой частью эксперимента стал подбор сывороточного белкового концентрата (СБК), популярность которых увеличивается с каждым годом. По статистике, отмеченной представителями поставщиков на рынке СБК – спрос начал возрастать в 2014 году.

Кроме того, что сывороточные белки увеличивают биологическую ценность продукта, способствуют переработке вторичного сырья, они обладают рядом положительных свойств, как для потребителя, так и для технологического процесса. Концентраты и изоляты сывороточных белков используются в различных отраслях пищевой промышленности, таких как молочная, кондитерская, хлебопекарная, а также используются для создания безалкогольных напитков. Особой популярностью сывороточные белки пользуются при производстве продуктов питания спортивной направленности.

Приготовление исследуемых образцов велось следующим образом: пастеризованное обезжиренное молоко, подогретое до t=40–45°С, делили на четыре равные части и вносили различную дозу СБК (2, 4, 6%) в три образца, четвертый – контрольный образец, без добавления СБК.

Затем вносили закваску прямого внесения для йогурта, состоящую из Streptococcus salivarius ssp. thermophilus и Lactobacillus, перемешивали 10 мин и помещали в термостат. Сквашивание проходило при t=40–42°С около 4–5 ч до титруемой кислотности 80–90°Т. Полученные образцы охлаждали до температуры 20°С и подвергали исследованию:

– образец 1 – контрольный;
– образец 2 – с добавлением 2% СБК;
– образец 3 – с добавлением 4% СБК;
– образец 4 – с добавлением 6% СБК.

Результаты исследования показали, что чем выше содержание СБК, тем интенсивнее идет кислотонакопление образцов. Кроме того, было замечено, что у образцов с СБК кислотонакопление на первых часах сквашивания идет заметно более интенсивно, чем у образца без добавления СБК.

Было предположено, что в процессе набухания белков, возможно, образцы подвергались вторичному обсеменению посторонней микрофлорой.

Было проведено дополнительное исследование, в котором этап набухания белков был исключен, но показатели активной и титруемой кислотности остались без существенных изменений.

Проверяли влагоудерживающую способность полученных сгустков. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что чем больше процент содержания СБК, тем сильнее влагоудерживающая способность сгустка.

После оценки полученных результатов, а также оценки органолептических показателей можно сделать вывод, что более приемлемым для производства является образец с массовой долей СБК 4%.

На следующем этапе подбирали массовую долю фруктового наполнителя, в качестве которого было выбрано яблочное пюре. Образцы готовили так, как было описано ранее. Массовая доля яблочного наполнителя: 4, 6, 8%.

Исследовалась динамика кислотонакопления образцов при внесении наполнителя до сквашивания, но после изучения полученных результатов и анализа других способов внесения наполнителя – было принято решение – вносить наполнитель в сквашенный сгусток перед фасовкой.

По органолептическим показателям наиболее приемлемым для производства является образец с массовой долей СБК 4% и массовой долей яблочного пюре 6%.

Для разработки диетического продукта был выбран заменитель сахара – натуральный подсластитель стевиозид (стевия), который обладает следующими свойствами:

– сладостью – в 150–300 раз слаще сахара;
– малой калорийностью;
– продукт натурален на 100%;

– не является пищей для бактерий и паразитов, в отличие от сахара;
– не влияет на уровень глюкозы в крови, даже нормализует его, следовательно, не вызывает выброс инсулина;
– что доказано исследованиями, проводимыми в Японии, а также опытами племени Гуарани, не приносит вреда при длительном употреблении;
– высокой растворимостью в воде;
– устойчивостью к воздействию кислот и щелочей и высоким температурам.

В продаже для использования в производство есть несколько форм стевиозида:
– сухой экстракт стевии;
– сироп стевии;
– листья стевии;
– порошок стевии (сушеные и измельченные листья стевии).

Для проведения исследования был выбран сироп стевии.

Исследована динамика кислотонакопления образцов со стевией, чтобы определить, как данный наполнитель повлияет на развитие микрофлоры.

Из результатов контрольного сквашивания следует, что наличие стевии в подобранном количестве не влияет на процесс кислотонакопления образцов, т.е. не оказывает влияние на жизнедеятельность молочнокислых микроорганизмов.

На конечном этапе исследования проводилось определение сроков годности готового кисломолочного десерта, так как это необходимо для проекта технической документации. Были исследованы изменения физико-химических и органолептических показателей в процессе хранения образцов. Исследования проводились в соответствие с методическими указаниями. Образцы были приготовлены по вышеприведенной схеме. После сквашивания образцы охлаждали и ставили в холодильник. Температура хранения в холодильнике от плюс 4 до 6°С.

Из полученных данных можно сделать вывод, что в процессе хранения происходит изменение органолептических и физико-химических показателей. В процессе хранения титруемая кислотность возрастает, а активная кислотность уменьшается. Также можно сделать вывод об изменениях органолептических показателей. На 15-е сутки у образцов появляется слегка кисловатый привкус. Цвет у образцов не изменяется. Внешний вид разрабатываемого продукта остается неизменным в течение 7 суток, далее наблюдается незначительное отделение сыворотки.

Следовательно, в целом, по результатам комплексных исследований принимаем срок годности с учетом коэффициента резерва – 15 суток.

На основании полученных в результате исследования данных была разработана рецептура на готовый кисломолочный десерт.

Выводы по работе:
– установлено, что с увеличением массовой доли СБК до 6% активность кислотонакопления увеличивается;
– исследована влагоудерживающая способность сгустков, которая увеличивается с увеличением массовой доли СБК до 6%;
– исследованы органолептические и физико-химические свойства полученных образцов. Кисломолочный десерт с добавлением 4% СБК, 6% яблочного пюре и подсластителя стевии обладает хорошими органолептическими свойствами;
– установлено, что подобранная доза подсластителя стевии не влияет на процесс кислотонакопления;
– разработана рецептура и технологическая схема производства кисломолочного десерта;
– установлены сроки годности готового десерта;
– на основании проведенных исследований разработаны технические условия и технологическая инструкция на кисломолочный десерт для диетического питания.

Литература

1. Брусенцев А.А., Евстигнеева Т.Н. Технология молока и молочных продуктов. Ч. 1. Технология цельномолочной продукции, мороженого и молочных консервов. Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 171 с.
2. Ананьева Н.В. Текущее положение дел в молочной отрасли России // Молочная промышленность. – 2009. – № 9. – С. 7.
3. Крусь К.Н., Хромцов А.Г., Волокитина З.В., Карпычёв С.В. Технология молока и молочных продуктов / Под ред. А.М. Шалыгиной. – М.: КолосС, 2005. – 455 с.
4. Овчинникова О.Е., Ананьева Н.В., Губанова М.И. Свойства гидролизатов β-лактоглобулина коровьего молока // Молочная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 76–77.
5. Остроумова Л.Т. Белковый десерт из обезжиренного молока // Молочная промышленность. – 2007. – № 4. – С. 58–59.



Андреев Кирилл Алексеевич
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № В4202
Направление подготовки: 12.04.02 – Оптотехника
e-mail: kirill_aa178@mail.ru

УДК 535.317

РАСЧЕТ ТЕРМОНЕРАССТРАИВАЕМЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ОБЪЕКТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФРАКЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Андреев К.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Бахолдин А.В.

Введение. В настоящее время инфракрасная (ИК) техника используется в широком спектре деятельности человека. Автомобильная и военная промышленность, медицина, спасательные и пожарные операции являются лишь малой частью сфер применения ИК-техники, но одновременно и наиболее важными отраслями, использующими ИК-системы в своей деятельности [1–13].

Оптические приборы, работающие в ИК-области спектра, в большинстве случаев эксплуатируются в чрезвычайно сложных условиях окружающей среды, что приводит к ухудшению качества изображения оптической системы (ОС). Прежде всего, это относится к колебаниям температуры окружающей среды, которые согласно техническим требованиям могут изменяться в диапазоне от минус 60°С до +40°С. Вследствие этого, атермализация (сохранение оптических характеристик ОС при температурных колебаниях) ИК-объективов имеет большое значение для практической и научной деятельности человека.

Термооптические аберрации, приводящие к терморасфокусировке, возникают из-за изменений конструктивных параметров ОС при температурных колебаниях окружающей среды. Атермализации ОС в условиях ограниченной номенклатуры оптических материалов и при наименьших финансовых затратах представляет собой важную и актуальную задачу на сегодняшний день. Известно большое количество

методик, посвященных теме пассивной атермализации ОС, имеющих ряд недостатков и не позволяющих всегда осуществить полученные решения. В связи с этим, создание альтернативного решения задачи атермализации ОС с учетом всех условий, позволит проектировать новые оптические системы ИК-объективов.

Содержательная часть. В настоящей работе на первом этапе была проанализирована возможность расчета термостабильных объективов с использованием только доступных материалов Ge, ZnSe и ZnS (табл. 1).

Таблица 1. Термооптические характеристики материалов

Материал	n	ν	$\beta_{отн}\cdot 10^{-6}$	$\alpha\cdot 10^{-6}$	$V\cdot 10^{-5}$
Ge	4,0043	790,61	411	5,7	13,11
ZnSe	2,4064	57,64	52,5	7,1	3,02
ZnS	2,2002	22,99	46,5	6,6	3,21

При ахроматизации полученных комбинаций, термооптическая аберрация положения не равна нулю. Полученные значения термоаберрации положения для всех комбинаций превышают дифракционную глубину резкости ИК-объективов при высоких относительных отверстиях. Поэтому одновременная атермализация и ахроматизация оптических систем невозможна с рассмотренными оптическими материалами. В связи с этим, в работе было предложено возможное решение данной проблемы, путем применение дифракционных оптических элементов (ДОЭ). ДОЭ – оптические подложки с фазовыми или амплитудными дифракционными структурами на одной из поверхностей оптического элемента. ДОЭ изготавливается с использованием механических, оптических или электронно-лучевых устройств (например, методом электронно-лучевой литографии). Широкое применение ДОЭ в практической и научной областях деятельности человека обусловлено тем, что ДОЭ значительно улучшают качество ОС без увеличения или даже при снижении ее стоимости. Комбинируя дифракционный элемент с рефракционным получаем возможность рассчитывать ахроматизированную и атермализованную ОС в условиях ограниченной номенклатуры материалов.

Целью работы является расчет термонерасстраиваемых ИК-объективов с использованием дифракционных поверхностей. В рамках данной работы решаются следующие задачи:

1. анализ существующих методик пассивной атермализации ИК-объективов;
2. анализ термооптических характеристик материалов;
3. анализ термооптических характеристик ДОЭ;
4. исследование и анализ вторичного спектра ИК-объективов;
5. составление системы уравнений для габаритного расчета;
6. расчет и оптимизация полученных решений с помощью Zemax.

На втором этапе работы был произведен анализ оптических материалов с учетом добавления к оптическим материалам ДОЭ. На данном этапе работы была составлена и решена система уравнения для возможных комбинаций оптических материалов с ДОЭ. В результате решения системы уравнений были получены значения оптических сил компонентов и вторичного спектра (табл. 2). Комбинация 3 обладает крайне высокими значениями оптических сил, поэтому данная комбинация не рассматривалась в дальнейшем. В связи с тем, что величина вторичного спектра у комбинации 1 в 3 раза меньше, чем в комбинации 2, последующие расчеты проводились с комбинацией ZnSe-Ge-ДОЭ.

Таблица 2. Оптические характеристики составленных комбинаций

№	Комбинация материалов	Ф1	Ф2	Ф3	Вторичный спектр
1	ZnSe–Ge–ДОЭ	1,2371	–0,2898	0,0528	0,001292
2	ZnS–Ge–ДОЭ	1,1717	–0,2982	0,1265	0,003977
3	ZnSe–ZnS–ДОЭ	43,8792	–40,3906	–2,4886	–0,091250

Поскольку вторичный спектр в комбинации ZnSe-Ge-ДОЭ не равен нулю, на следующем этапе работы было проведено исследование влияния вторичного спектра на качество изображения ОС.

Вторичный спектр является продольной аберрацией, численно равной разности задних отрезков системы для главной длины волны и двух крайних длин волн спектрального диапазона. При этом плоскость наилучшей установки располагается посередине между фокусами для главной и двумя крайними длинами волн. Вследствие этого, влияние вторичного спектра ds' можно приближенно оценить величиной условно эквивалентной ему дефокусировки $ds'/2$. Поэтому влияние вторичного спектра на частотно-контрастную характеристику (ЧКХ) ОС оценивалось путем дефокусировки плоскости изображения ИК-объектива на величину равную половине величины вторичного спектра. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 3 и 4. С ростом фокусного расстояния объектива растет величина вторичного спектра, а значит и его влияние на качество изображения объектива. Поэтому было проанализировано падение контраста на частоте Найквиста для двух приемников с размерами пикселя 17 и 30 мкм.

Таблица 3. Исследование вторичного спектра с приемником изображения №1

Приемник №1 640×480, 17 мкм				
Частота Найквиста 30 л/мм, ЧКХ				
f', мм	F	Контраст	Дефокусировка, мкм	Контраст с учетом дефокусировки
30	1	0,57	19,05	0,51
	1,1	0,54		0,48
	1,2	0,51		0,46
	1,3	0,48		0,43
	1,4	0,44		0,41
	1,5	0,41		0,38
45	1	0,57	28,55	0,38
	1,1	0,54		0,39
	1,2	0,51		0,4
	1,3	0,48		0,4
	1,4	0,44		0,39
	1,5	0,41		0,38
70	1	0,57	44,35	0,15
	1,1	0,54		0,21
	1,2	0,51		0,25
	1,3	0,48		0,28
	1,4	0,44		0,29
	1,5	0,41		0,3

Приемник №1 640×480, 17 мкм				
Частота Найквиста 30 л/мм, ЧКХ				
f', мм	F	Контраст	Дефокусировка, мкм	Контраст с учетом дефокусировки
100	1	0,57	63,35	0
	1,1	0,54		0,06
	1,2	0,51		0,12
	1,3	0,48		0,17
	1,4	0,44		0,21
	1,5	0,41		0,22

Таблица 4. Исследование вторичного спектра с приемником изображения №2

Приемник №2 320×256, 30 мкм				
Частота Найквиста 17 л/мм, ЧКХ				
f', мм	F	Контраст	Дефокусировка, мкм	Контраст с учетом дефокусировки
30	1	0,76	19,05	0,71
	1,1	0,74		0,7
	1,2	0,72		0,69
	1,3	0,69		0,67
	1,4	0,67		0,66
	1,5	0,66		0,64
45	1	0,76	28,55	0,63
	1,1	0,74		0,64
	1,2	0,72		0,64
	1,3	0,69		0,63
	1,4	0,67		0,62
	1,5	0,66		0,61
70	1	0,76	44,35	0,44
	1,1	0,74		0,48
	1,2	0,72		0,51
	1,3	0,69		0,53
	1,4	0,67		0,54
	1,5	0,66		0,54
100	1	0,76	63,35	0,26
	1,1	0,74		0,33
	1,2	0,72		0,37
	1,3	0,69		0,41
	1,4	0,67		0,44
	1,5	0,66		0,46

При помощи приведенных выше таблиц, можно предварительно оценить достижимое качество изображения ИК-объектива и, исходя из поставленных

требований к ОС, сделать выводы о возможности применения такой комбинации оптических материалов.

На следующем этапе работы были произведены габаритные расчеты ИК-объективов с фокусными расстояниями 45 и 100 мм, с применением дифракционных элементов. Изменение величины заднего отрезка в ИК-объективах при температурных колебаниях от минус 40°С до 20°С составляет не более 22 мкм.

Заключение. По результатам выполненной работы, сделаны следующие выводы:

- проведен анализ термооптических свойств материалов, работающих в дальнем ИК-диапазоне;
- проведен анализ термооптических свойств ДОЭ;
- произведен анализ существующих методик расчета атермализированных ИК-объективов;
- составлена система уравнений для габаритного расчета ИК-объективов с пассивной атермализацией с применением киноформа;
- проведено исследование вторичного спектра и его влияния на ЧКХ ОС в полученных комбинациях оптических материалов с ДОЭ;
- получены композиции атермализованных ИК-объективов;
- рассчитаны оптические системы ИК-объективов с пассивной атермализацией с фокусными расстояниями 45 и 100 мм;

Литература

1. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы «следящего» типа. – М.: Логос, 2004. – 444 с.
2. Аскоченский А.А. Оптические материалы для инфракрасной техники. – М.: Наука, 1995. – 310 с.
3. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник. – М.: Логос, 2011. – 568 с.
4. Аппен А.А. Химия стекла. – 2 изд. – Л.: Химия, 1974. – 332 с.
5. Ллойд Дж. Системы тепловидения / Пер. Н.В. Васильченко. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
6. Волосов Д.С. Фотографическая оптика: (теория, основы проектирования, оптич. характеристики). Учеб. пособие для киновузов. – М.: Искусство, 1978. – 543 с.
7. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
8. Rogers P.J., Roberts M. Handbook of Optics. – V. II. Design, Fabrication, and Testing; Sources and Detectors; Radiometry and Photometry / Edit. Bass M. – UK: OSA, 2010. – 1272 p.
9. Mann A. Infrared optics and zoom lenses. – Washington: SPIE, 2009. – 164 p.
10. Солк С.В., Лебедев О.А. Оптическое приборостроение и технология. Инфракрасный термонерасстраиваемый объектив // Оптический журнал. – 2012. – Т. 79. – № 12. – С. 38–40.
11. Malacara-Hernandez D., Malacara-Hernandez Z. Handbook of Optical Design. – Third Edition. – New York: CRC, 2013. – 531 p.
12. Mahajan N. Fundamentals of geometrical optics Washington. – SPIE, 2014. – 437 p.
13. Белоусов А.И. Объектив для ИК-области спектра. Патент РФ № 2586394 от 06.10.2016.



Андреева Александра Георгиевна
Год рождения: 1992
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4201
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: tiari@mail.ru

УДК 004.056.55

МЕТОДИКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ СЦЕНАРИЕВ JAVASCRIPT НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АБСТРАКТНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ДЕРЕВА

Андреева А.Г.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Маркина Т.А.

Цель исследования: разработка методики детектирования вредоносных сценариев, написанных на языке JavaScript. Детектирование подразумевает под собой определение принадлежности файла сценария к одному из следующих классов: вредоносный файл и файл, не представляющий угрозы информационной системе («хороший»).

Задачи исследования:

1. разработать методику классификации (для разделения на два или более классов) файлов-сценариев JavaScript и получить классификационную модель, способную отличать вредоносные сценарии от «хороших» пользовательских;
2. разработать методику получения признакового описания файлов-сценариев, написанных на языке JavaScript;
3. выбрать оптимальную математическую модель классификатора, способную отличать вредоносные сценарии от «хороших» пользовательских на основе выбранных признаков;
4. определить требования к качеству разрабатываемой модели;
5. создать методику классификации, включающую описание процесса выборки признаков файла-сценария, обучения модели и применения классификационной модели;
6. разработать программную реализацию классификационной модели;
7. провести испытания;
8. на основе полученных результатов испытаний выработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию алгоритмов и программных средств.

Не существует открытых решений и их описаний, позволяющих решать поставленные задачи.

Решение поставленных задач позволит повысить защищенность информационной системы от внешних угроз информационной безопасности (вредоносного программного обеспечения (ПО)).

Абстрактное синтаксическое дерево является простым, полным и точным описанием кода на уровне синтаксиса. Для извлечения признаков удобно применять *pq*-грамм шаблон [1], позволяющих объединять узлы AST в группы и производить количественное описание признаков.

В качестве математической модели классификации был выбран алгоритм SVM [2], для настройки которого (оптимизации модели) требуется подбирать параметр

регуляризации C и тип используемой алгоритмом функции потерь (выбор между Hinge Loss и Squared Hinge Loss) [3].

Для контроля качества классификатора (поиска оптимальной модели) решено использовать функции вычисления ошибки: 0-1 loss и f1-score [4, 5]. Вычисление ошибки строится на априорном знании о принадлежности объектов двум классам и полученном предсказанном значении класса для каждого объекта выборки. Чем больше значение f1-score и чем меньше 0-1 loss, тем лучше обучена модель. Для проверки качества классификатора были выбраны пороговые значения ошибки классификатора: $\tau_{f1\text{–score}} = 0{,}97 \tau_{0\text{–}1\,\text{loss}} = 0{,}015$. Если $\tau_{f1\text{–score}} \geq \tau_{f1\text{–score}}$ и $L_{0\text{–}1\,\text{loss}} \leq \tau_{0\text{–}1\,\text{loss}}$, то параметры модели подобраны верно и можно обучать модель используя объединенную выборку для получения оптимального SVM классификатора.

Методика обучения классификатора, выполненная в виде UML-диаграммы, представлена на рис. 1.

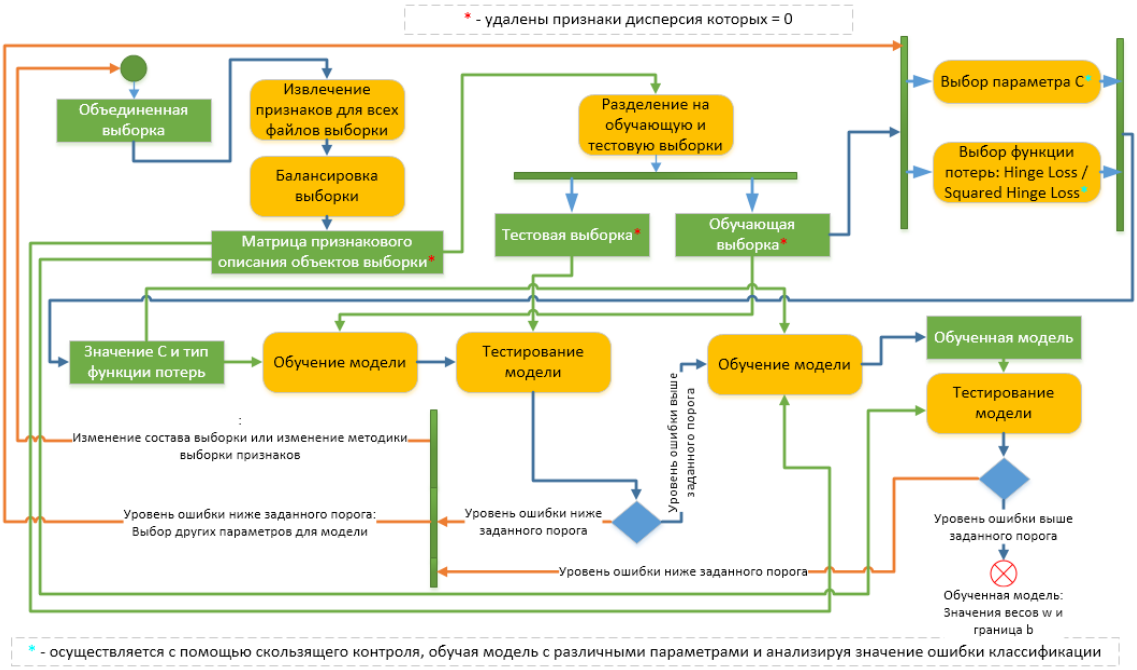


Рис. 1. UML-диаграмма процесса обучения модели классификатора

Методика тестирования классификатора, выполненная в виде UML-диаграммы, представлена на рис. 2.

Далее представлены результаты тестирования программной реализации модели [6].

В результате подбора параметров были выбраны следующие значения:

C=0,4663100 loss: Squared Hinge (f1-score: 0,998089, 0-1 loss: 0,001911, что выше заданного порога ошибки).

Результаты тестирования подобранных параметров на тестовой выборке:

fraction of bad samples correctly classified: 0,9985030

fraction of good samples correctly classified: 0,9991267

f1 score: 0,998815

0-1 loss: 0,001185.

Результаты тестирования на объединенной выборке, после обучения модели на объединенной выборке:

fraction of bad samples correctly classified: 0,9993144

fraction of good samples correctly classified: 0,9998442

f1 score: 0,999579

0-1 loss: 0,000421.

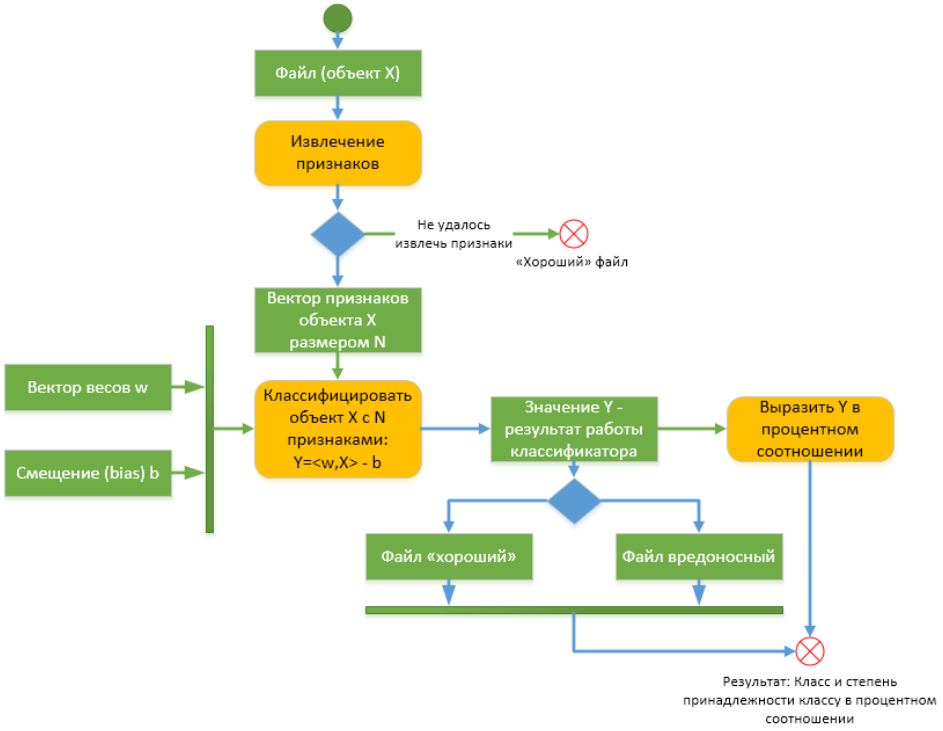


Рис. 2. UML-диаграмма процесса тестирования модели классификатора

Значения ошибки удовлетворяют заданным порогам. Модель успешно обучена.

Полученная методика позволяет создать и обучить классификатор, способный отличать вредоносные сценарии JavaScript от пользовательских сценариев. Классификатор справляется с незнакомой ему выборкой новых экземпляров вредоносного ПО.

Программная реализация классификатора на языке Python позволяет быстро классифицировать файл, большую часть времени занимает процесс извлечения признаков: формирование дерева AST и *pq*-грамм профиля (доли секунды).

Разработанную модель можно применять и к другим типам сценарных языков программирования.

Разработанный метод извлечения признаков позволяет использовать полученный вектор признаков не только с SVM классификатором, можно использовать любой метод бинарной классификации, более того, он позволят применять классификацию без учителя (объединение объектов в группы).

Поскольку вирусописатели не стоят на месте и с каждым годом объем вредоносных файлов только увеличивается, а также видоизменяется (меняются способы достижения целей, поставленных злоумышленниками, расширяется список задач, которые ставит перед собой злоумышленник при написании вредоносных сценариев, совершенствуется язык JavaScript (в спецификацию вносятся изменения и т.д.)), со временем возникнет необходимость переобучения модели на новой выборке. Необходимо контролировать качество классификатора. Лучшим решением является использование реализации SVM, которая позволяет динамическое обучение (on-line learning). При таком подходе классифицируемые объекты поступают последовательно, и требуется не только классифицировать новый объект, но и доучить модель с учетом вновь поступивших объектов. Простейший же способ контроля – это сравнение результатом проверки различных антивирусов, если в процессе работы модели выборка из *N* файлов будет классифицирована как «чистая», а некоторый набор антивирусных средств различных компаний определит большую часть файлов из выборки как «вредоносную» необходимо переобучить классификатор. Сейчас существует

множество сервисов (например, VirusTotal), позволяющих получить список результатов проверки файла различными антивирусными средствами, без участия человека. Это позволяет автоматизировать процесс контроля качества классификации и решить проблему возникновения большого числа ложных срабатываний со временем без изменения существующей реализации модели.

В дальнейшем, модель необходимо доработать, чтобы можно было разделять вредоносные сценарии на классы в соответствии с вирусной классификацией (описание во введении). Для этого модель должна использовать методы обучение без учителя, разделяя сценарии на схожие группы.

Полученный классификатор является простым и быстрым решением, способным с высокой точностью классифицировать вредоносные сценарии, снижая нагрузку на вирусных аналитиков.

Литература

1. Augsten N., Boehlen M., Gamper J. Approximate Matching of Hierarchical Data Using pq-Grams // Proceedings of the 31st VLDB Conference. – 2005. – V. 1. – P. 301–312.
2. Воронцов К.В. Лекции по методу опорных векторов. Курс лекций. – Изд-во: МФТИ, 2007. – 18 с.
3. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – Singapore: Springer, 2011. – 738 p.
4. Alpaydın E. Introduction to Machine Learning. – London: The MIT Press, 2014. – 581 p.
5. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
6. Richert W., Coelho L.P. Building Machine Learning Systems with Python. – Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2015. – 326 p.



Андреева Ярослава Михайловна
Год рождения: 1994
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра лазерных технологий и систем, группа № В4218с
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: andreeva.ym@gmail.com

УДК 681.785

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАРКИРОВКИ МЕТАЛЛОВ ФЕМТО- И НАНОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Андреева Я.М.
Научный руководитель – д.т.н., доцент Шахно Е.А.

Промышленная маркировка – это первый информационный блок, который потребитель встречает при выборе продукта, именно поэтому она должна нести в себе всю основную информацию о товаре, быть четкой и выделяться на фоне материала изделия, быть устойчивой к различным внешним воздействиям и не изменять при этом характеристики самого изделия. Кроме того, зачастую маркировка выполняет функцию защиты продукции от фальсификации и служит для привлечения внимания потребителя [1]. Маркировка может наноситься различными методами, в том числе с помощью разных типов лазеров.

Данная работа рассматривает технологию цветной лазерной маркировки фемто- и наносекундными импульсами, различные механизмы и методы ее нанесения, и вопросы, связанные с ее внедрением в промышленность. **Целью работы** является исследование процессов маркировки металлов фемто- и наносекундными лазерными импульсами.

Достижение данной цели осуществляется при помощи решения следующих задач:
- сравнение процессов маркировки металлов при использовании лазеров наносекундной и фемтосекундной длительности;
- выявление основных преимуществ каждого метода и определение сфер применения в соответствии с особенностями воздействия;
- определение технологических режимов для промышленного внедрения одного из методов;
- исследование производительности и износостойкости полученной маркировки.

Окрашивание поверхности металла может осуществляться за счет различных механизмов. В работе рассматриваются два основных метода модификации поверхности: формирование тонкого оксидного слоя вследствие лазерного нагрева, в котором происходит интерференция света, и структурирование поверхности с последующей дифракцией света на полученных периодических структурах [2, 3]. Для изучения данных механизмов были проведены эксперименты по обработке пластины полированного титана фемто- и наносекундными импульсами.

На рис. 1, а–в представлен процесс развития структур на поверхности титана при увеличении количества ультракоротких импульсов (УКИ).

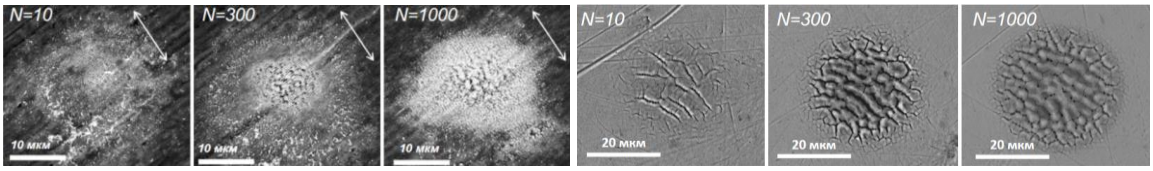


Рис. 1. Развитие структур на поверхности титана при увеличении количества импульсов с плотностью энергии F=20 мДж/см^2 в точку при фемтосекундном воздействии (а–в), и наносекундном воздействии (г–е). Двухсторонняя стрелка показывает направление поляризации лазерного излучения

Были получены три типа периодических структур: в областях с высокой плотностью энергии формируются ориентированные перпендикулярно направлению поляризации структуры с периодом в 2–2,5 раза меньше длины волны; ориентированные параллельно поляризации структуры с периодом порядка длины волны на крыльях гауссова пуска при длинных экспозициях и крупные структуры с периодом порядка 1,5 мкм, появление которых, по-видимому, связано с аккумулятивным эффектом и изменением показателя преломления в связи с окислением поверхности. Периоды всех трех типов структур снижаются с увеличением количества импульсов, что видно из следущего графика. Этот эффект может быть связан с углублением рельефа за счет накопительного эффекта.

Образование наномасштабных периодических структур с нормальной ориентацией происходит за счет образования поверхностных плазмон-поляритонов на границе металл-диэлектрик, а более крупные структуры порядка длины волны формируются за счет появления волноводных мод в оксидной пленке.

При облучении поверхности титана импульсами наносекундной длительности также отмечено образование периодических структур, которые сильно отличается от структур, полученных УКИ (рис. 1, г–е.). На начальном этапе (при воздействии 10 импульсов) в центре пятна образуются неравномерные псевдопериодические сонаправленные канавки, внешне напоминающие растрескивание оксидной пленки

(рис. 1, г). При увеличении числа импульсов, структуры принимают более упорядоченный вид, канавки становятся более продолжительными, а расстояние между соседними минимумами составляет 2–3,5 мкм. Кроме того, можно заметить слабо выраженные периодические структуры, появляющиеся в областях между крупными трещинами, с периодом порядка 1 мкм, что практически соответствует длине волны лазерного излучения. При увеличении числа импульсов до 500, происходит сглаживание рельефа, что может быть связано с аккумуляцией тепла в центре зоны облучения и частичным плавлением материала с последующим термокапиллярным перераспределением за счет сил поверхностного натяжения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что образование и развитие периодических структур при воздействии лазерного излучения наносекундной длительности происходит в диапазоне энергий до порога плавления материала. Плавление же наоборот препятствует развитию структур и ведет к их деградации.

Одновременно со структурированием на поверхности происходит реакция окисления. Образование оксидного слоя на поверхности ведет к изменению показателя отражения материала, что визуально можно наблюдать уже после 10 импульсов в точку. При более толстых слоях оксидной пленки, в ней могут наблюдаться цвета побежалости, связанные с интерференционными эффектами, что можно заметить уже при 300 импульсах в точку: на верхушках гребней поверхность приобретает ярко-фиолетовый оттенок. Развитие этого эффекта можно наблюдать при увеличении количества импульсов.

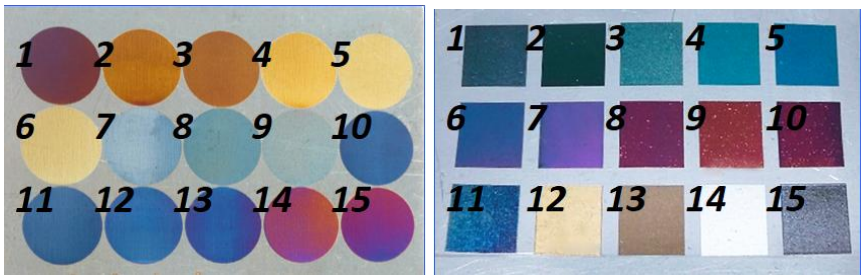
При фемтосекундном воздействии образование цветных оксидов начинается в основном на периферии гауссова пучка, при этом в центре зоны воздействия хорошо прослеживается тенденция к абляции.

По проведенному энергодисперсионному анализу замечено, что в случае наносекундного воздействия относительное содержание кислорода на поверхности заметно увеличивается уже после 10 импульсов, тогда как при фемтосекундном воздействии выраженный пик появляется только после облучения 100 импульсами.

Для обоих режимов воздействия маркировка возможна с использованием двух рассмотренных выше механизмов, однако ультракороткие импульсы представляют больше возможностей для управления образующейся структурой, а наносекундные импульсы позволяют получать более толстые оксидные пленки при меньших количествах импульсов.

Так как лазеры наносекундной длительности коммерчески более доступны и уже повсеместно применятся для монохромной маркировки, далее подробнее рассмотрим наносекундную маркировку.

На титане и нержавеющей стали были получены цветовые палитры, показанные на рис. 2.



а б

Рис. 2. Цветовые палитры, полученные на поверхности титана (а); на нержавеющей стали (б)

При лазерном воздействии в данных технологической зоне на поверхности титана образуется многослойная оксидная пленка, верхний слой которой состоит из диоксида

титана. На поверхности стали образуется двуслойная пленка, верхний слой которой Fe_2O_3. Состав и структура верхнего слоя влияют на устойчивость маркировки к различным внешним факторам. Анализировалось влияние различных климатических факторов на качество маркировки. Образцы маркировки выдерживались в климатической камере при высоких и низких температурах и разном значении относительной влажности в течение 24 ч. Цвета на титане не изменили своих свойств ни при одном типе воздействия, а также не было обнаружено никаких изменений при изучении поверхности с помощью оптического микроскопа. Данный вид маркировки может использоваться для изделий, предназначенных как для внутренних, так и для наружных работ при положительных и отрицательных температурах.

Для образцов цветной маркировки на нержавеющей стали при низких температурах и высокой относительной влажности никаких изменений в цвете и структуре оксида обнаружено не было, однако при температуре 100 градусов и относительной влажности девяносто процентов большинство цветов были повреждены. Таким образом, данный тип маркировки не рекомендуется к применению в условиях повышенных температур.

Химическая устойчивость проверялась при помощи выдерживания образцов маркировки на титане и стали в различных химических растворах в течение 48 ч. Маркировка на титане не выдерживает длительного взаимодействия с 10% раствором каустической соды, что можно наблюдать как на микро, так и на макрофотографиях. Диоксид титана вступает в химическую реакцию с концентрированными сильными щелочами, что приводит к разрушению маркировки. Взаимодействие с остальными веществами, а именно 40% раствором серной кислоты, поверхностно-активным веществом, этиловым спиртом и 10% раствором поваренной соли, не ведет к каким-либо повреждениям маркировки.

Маркировка на нержавеющей стали не выдерживает взаимодействие даже с 3% раствором кислоты: оксидная пленка частично или полностью удаляется с поверхности, так как оксиды железа активно вступают в химическую реакцию, т.е. происходит процесс травления. Так же маркировка не выдерживает воздействия солей и солевых растворов: начинается коррозия металла, как в обработанных зонах, так и вокруг них.

Заключительная часть работы была посвящена вопросу повышения производительности процесса цветной маркировки. Для этого был выполнен поиск параметрического окна при квазинепрерывном режиме обработки (частота следования импульсов f=100–1000 кГц). На графиках (рис. 3) показана производительность обработки поверхности титана в старых и новых режимах для аналогичных цветов.

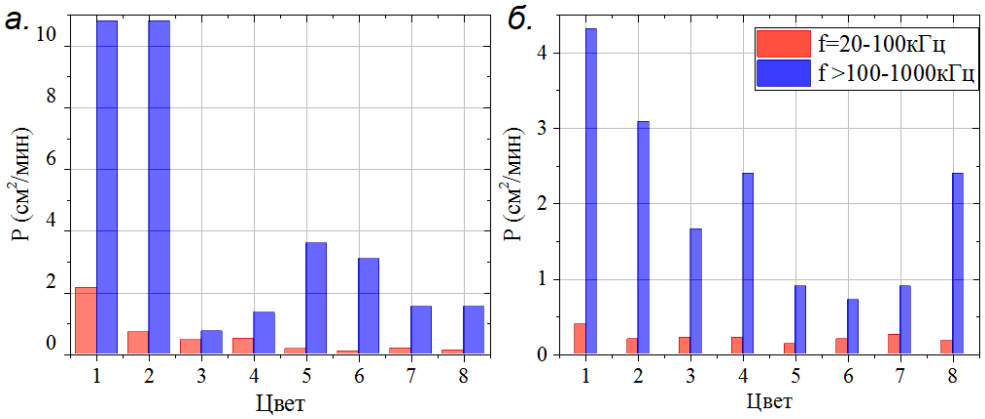


Рис. 3. Производительность цветной маркировки металлов в режимах с частотами следования импульсов в диапазоне 20–100 кГц и в режимах с повышенной производительностью (частота в диапазоне 100–1000 кГц): на поверхности нержавеющей стали (а), на поверхности титана (б)

Видно, что для отдельных режимов этот показатель может быть увеличен более чем в 10 раз. Также были подобраны новые режимы для обработки нержавеющей стали. В отдельных случаях производительность может быть увеличена более чем в 15 раз, в среднем же достигается увеличение скорости маркировки в 9 раз.

Таким образом, по результатам работы было выявлено, что при маркировке путем структурирования наиболее предпочтительным является использование лазеров ультракороткой длительности, тогда как лазеры наносекундной длительности представляют больший интерес для маркировки в режиме окисления.

Также определены технологические режимы обработки для промышленного внедрения метода маркировки наносекундными лазерными импульсами. Проведены исследования по износостойкости полученной маркировки на титане и нержавеющей стали, которые показали высокую устойчивость цветной маркировки к химическому и климатическому воздействию.

Показано повышение производительности цветной маркировки при использовании высокочастотного режима облучения (100–1000 кГц). Т.е., при переходе на новые режимы скорость цветной лазерной маркировки может быть приближена к скорости монохромной маркировки металла.

Литература

1. Roxby D.L., Mann S. Direct marking of parts with encoded symbology method, apparatus and symbolody: пат. 6533181, США. – 2003.
2. Veiko V. et al. Controlled oxide films formation by nanosecond laser pulses for color marking // Optics express. – 2014. – V. 22. – № 20. – P. 24342–24347.
3. Ionin A.A. et al. Femtosecond laser color marking of metal and semiconductor surfaces // Applied Physics A. – 2012. – V. 107. – № 2. – P. 301–305.



Бикмухаметов Игорь Владимирович
Год рождения: 1993
Физико-технический факультет, кафедра физики,
группа № B4225
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: sparktime@mail.ru

УДК 681

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Бикмухаметов И.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.

Целью работы является исследование высокотемпературного преобразователя нестационарного теплового потока с уже известными характеристиками (а именно возможностью восстановления нестационарных тепловых потоков с поверхностной плотностью до $5 \cdot 10^5$ Вт/м^2, с частотой изменения до 2 Гц, при диапазоне температур до 600°С, с погрешностью 10%). Исследование проводилась на основе уже имеющегося датчика, разработанного на кафедре КТФ и ЭМ Университета ИТМО. В

ходе данной работы были поставлены и решены следующие задачи: составлены дифференциально-разностные модели (ДРМ) теплопереноса для высокотемпературного преобразователя, оценены методические неопределенности восстановления нестационарного теплового потока, оценено влияние факторов на восстановление нестационарного теплового потока методом параметрической идентификации.

Проведенные исследования имеют большой практический интерес, а полученные данные могут быть использованы в области приборостроения, а также в энергосберегающих технологиях.

Общий вид и устройство высокотемпературного преобразователя теплового потока (ВПТП) приведены на рис. 1 [1].

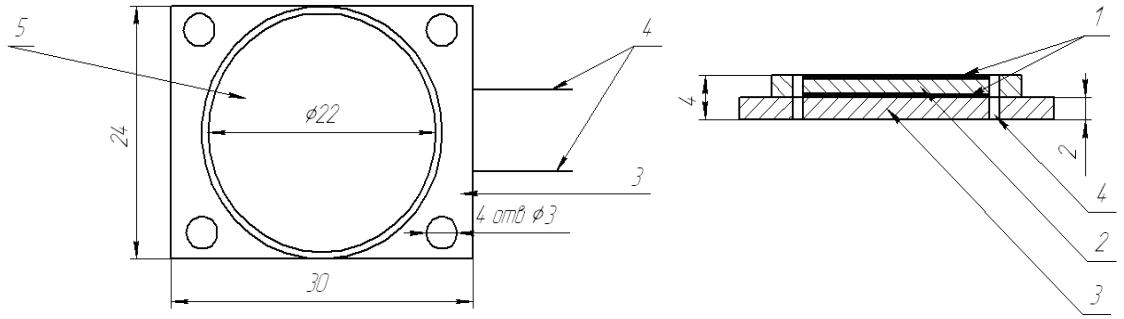


Рис. 1. Общий вид и устройство ВПТП: 1 – платиновые термометры сопротивления ($\delta=0{,}05\cdot10^{-3}$ м); 2 – корундовая пластина ($\delta=0{,}2\cdot10^{-3}$ м); 3 – корпус; 4 – выводы; 5 – защитная пластина ($\delta=0{,}1\cdot10^{-3}$ м)

ДРМ теплопереноса для ВПТП (рис. 2).

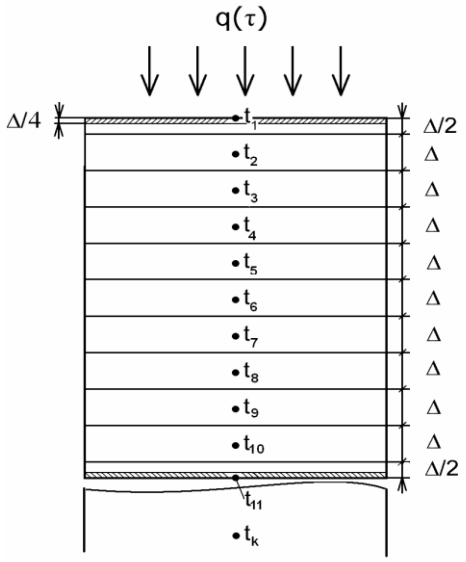


Рис. 2. Топология чувствительного элемента ВПТП (пластины и термометров сопротивления; Δ=0,2 мм)

Тогда, теплоперенос в ПТП может быть описан системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно составляющих t_i вектора состояния $T(\tau)$, которая в векторно-матричной форме имеет вид [2]:

$$\frac{d}{d\tau}T(\tau)=FT(\tau)+GU(\tau). \qquad (1)$$

К каждому блоку запишем уравнение теплового баланса.

$$\begin{cases} q_1 S = (C_1 + C_2)\dfrac{dt_1}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_1 - t_2), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_1 - t_2) = C_2 \dfrac{dt_2}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_2 - t_3), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_2 - t_3) = C_3 \dfrac{dt_3}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_3 - t_4), \\ <\ldots>, \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_8 - t_9) = C_9 \dfrac{dt_9}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_9 - t_{10}), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_9 - t_{10}) = C_{10} \dfrac{dt_{10}}{d\tau} + \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_{10} - t_{11}), \\ \dfrac{\lambda_2 S}{\Delta}(t_{10} - t_{11}) = (C_{10} + C_{11})\dfrac{dt_{11}}{d\tau} + \dfrac{S}{R_k}(t_{11} - t_k). \end{cases} \quad (2)$$

Средние температуры блоков t_i, относящиеся к их центрам, составляют вектор состояния $T(\tau)$.

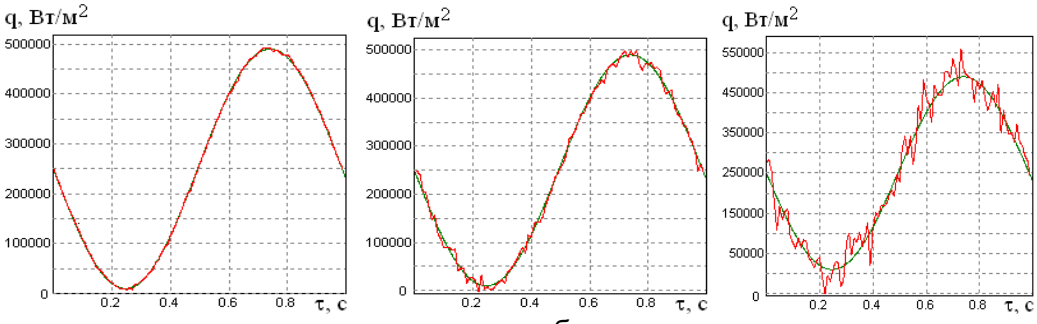
После того, как написаны уравнения теплового баланса для всех блоков, выразим из системы уравнений (2) скорость изменения температуры $\dfrac{dt_i}{dt_\tau} = \dot{t}_i$. Для этого разделим каждую строку системы уравнений (1) на соответствующую полную теплоемкость материала ПТП ($C_i = \bar{c}\rho S\Delta$) и произведем следующую замену:

$\dfrac{\lambda}{\bar{c}\rho} = a$ – температуропроводность материалов ПТП; q_1 – поток, поглощенный ПТП сверху; ρ_1, λ_1, c_1 и ρ_2, λ_2, c_2 – удельная плотность, теплопроводность и теплоемкость термометра и пластины соответственно; $a_2 = \dfrac{\lambda_2}{(c_2\rho_2)}$ – температуропроводность пластины; Δ – толщина элементов разбивки (рис. 1); R_k – контактное тепловое сопротивления между пластиной и корпусом.

Влияние случайных погрешностей в измерении температуры на погрешность восстановления теплового потока методом параметрической идентификации.

Проанализируем численное моделирование процессов теплообмена ВПТП для восстановления входящего теплового потока $q = 2{,}5\cdot10^5 \sin(6{,}28\tau) + 2{,}5\cdot10^5$ Вт/м^2, при наличии случайных погрешностей в измерениях температуры $t(\tau)$.

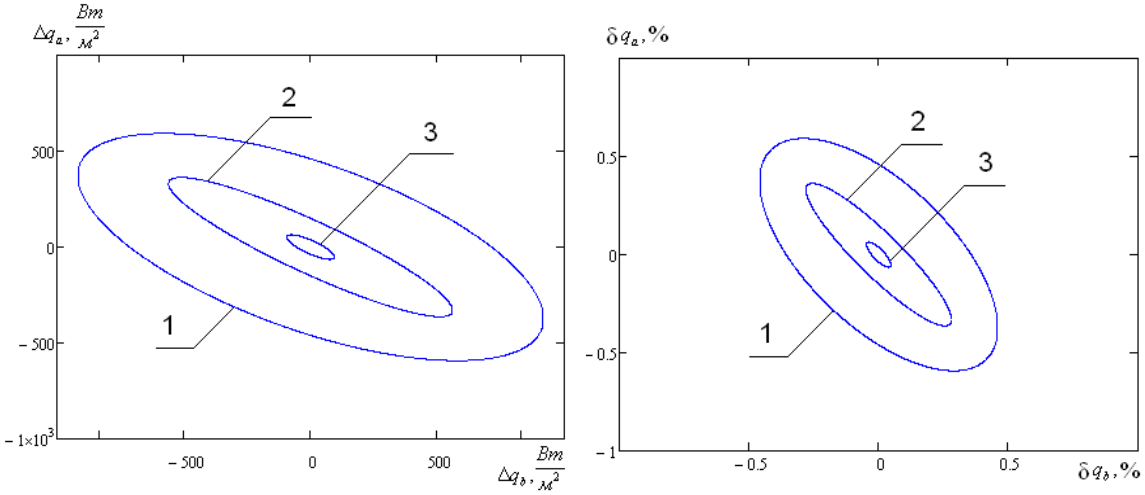
Данные влияние температурных шумов представлены в соответствии с рис. 3.



а б в

Рис. 3. Влияние температурных шумов: σ=0,1°С (а); σ=0,2°С (б); σ=0,4°С (в) на погрешность восстановления теплового потока $q = 2{,}5\cdot10^5 \sin(6{,}28\tau) + 2{,}5\cdot10^5$ Вт/м^2

Результаты построения совместной доверительной области (СДО) двух параметров – q_a и q_b – границ участка сплайн-аппроксимации представлены на рис. 4.

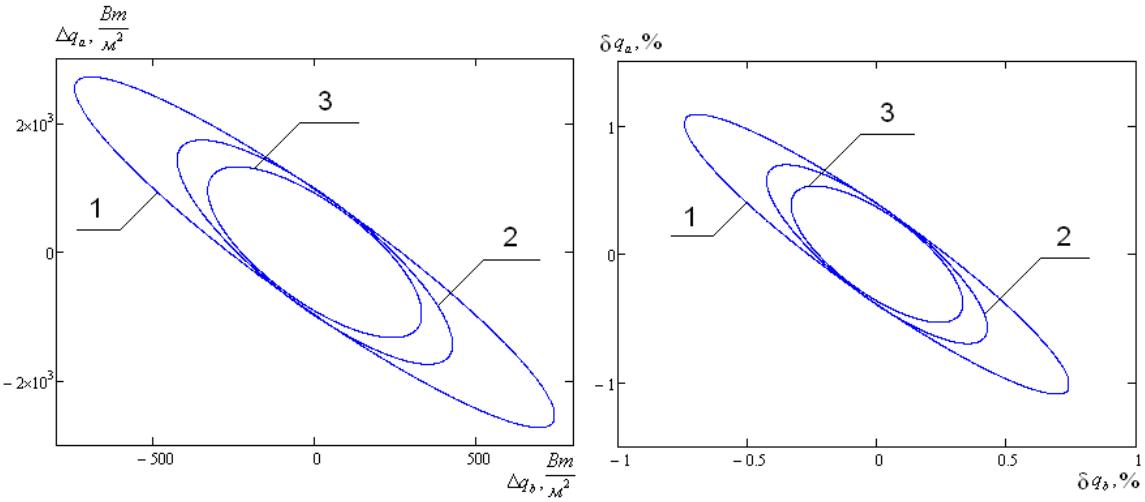


а б

Рис. 4. Результаты построения СДО (а); СДО в относительных координатах (в %) (б) для ВПТП, где 1 – σ=0,4°С; 2 – σ=0,2°С; 3 – σ=0,1°С

Из приведенных графиков следует, что при увеличении погрешности определения температуры растет погрешность восстановления теплового потока.

Влияние количества измерений на участке сплайн-аппроксимации на погрешность восстановления теплового потока методом параметрической идентификации представлено на рис. 5.

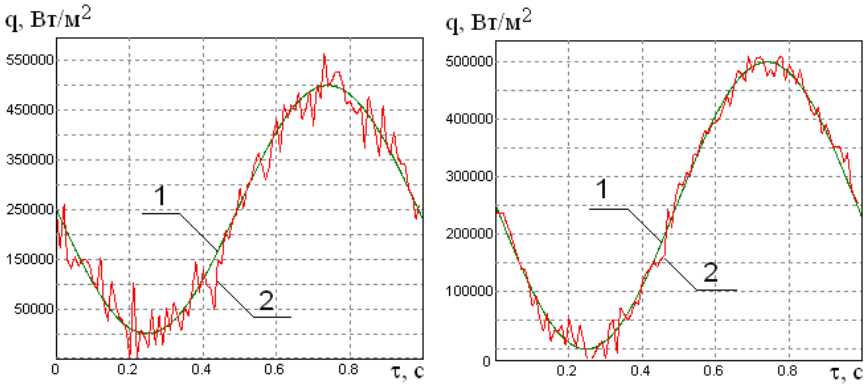


а б

Рис. 5. Построение СДО (а); СДО в относительных координатах (в %) (б) для ВПТП при различном количестве измерений (L) на участке сплайн-аппроксимации: 1 – L=10; 2 – L=20; 3 – L=30

Как видно из графиков, погрешность восстановления теплового потока растет при уменьшении количества измерений.

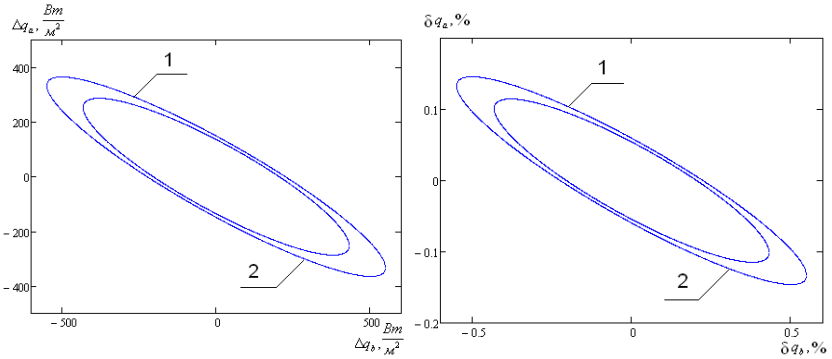
Изменение характеристик ВПТП при уменьшении полной теплоемкости термометра сопротивления (ТС) изображено на рис. 6. Более детально изменение ДРМ при планировании эксперимента рассмотрено в работе [3].



а б

Рис. 6. Результаты восстановления теплового потока: ВПТП на основе исходной ДРМ (а); ВПТП с уменьшенной теплоемкостью ТС (б). Заданный (1) и восстановленный (2) тепловые потоки

Совместные доверительные области после изменения полной теплоемкости ТС представлены на рис. 7.



а б

Рис. 7. Построение СДО (а); СДО в относительных координатах (в %) (б) при σ=0,1°С: 1 – ВПТП на основе исходной ДРМ; 2 – ВПТП с уменьшенной теплоемкостью ТС

После уменьшения полной теплоемкости ТС уменьшилась погрешность восстановления теплового потока методом параметрической идентификации.

В итоге, описание систем с помощью ДРМ позволило выработать единую универсальную методику для всестороннего анализа теплопереноса в различных телах. Такой анализ необходим при проведении измерений температуры или теплового потока, так как позволяет еще на этапе проектирования датчика оценить вносимую им погрешность и его взаимодействие с объектом исследования [4].

Литература

1. Пилипенко Н.В., Приборы и методы нестационарной теплометрии. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 82 с.
2. 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.
3. Пилипенко Н.В., Казарцев Я.В. Оптимальное планирование эксперимента при идентификации процессов теплообмена сенсоров теплового потока // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 88–93.
4. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплометрии на основе решения обратных задач теплопроводности. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 180 с.



Вагнер Александр Владимирович
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: aleksandr@vagner.pro

УДК 004.932.2

АВТОГЕНЕРАЦИЯ СЦЕНАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ КРЕСЛАМИ НА ОСНОВЕ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ И ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Вагнер А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Тропченко А.А.

Кинематограф занимает значимое место в современной культуре. Стремительно развивается киноиндустрия, которая, в свою очередь, является прибыльной отраслью экономики. За время существования сферы кинематографии был осуществлен огромный скачок от немого черно-белого кино до 3D-фильмов с использованием компьютерной графики. Технологии совершенствуются, и в связи с этим растут запросы потребителей. Для их удовлетворения киноиндустрия развивается в направлении усиления эффекта «погружения» в фильм, дополняя его спецэффектами. Сравнительно недавно был сделан следующий шаг в эволюции кино – появилась технология 4D. Данная технология также нашла широкое применение в тренажерных системах для подготовки морских, авиационных и космических экипажей. Область является относительно молодой и продолжает модернизироваться. Основная идея состоит в том, чтобы передать действия, происходящие на экране, посредством осязаемых эффектов таких, как движение кресла, брызги, струи воздуха и т.п. [1–11].

Для показа фильмов в таком формате кинозалы оборудуются специальными креслами, которые оснащены приводами, позволяющими совершать движение с заданными скоростями в трех плоскостях путем перемещения, толчков и вибрации переменной мощности. Также в спинки кресел встраиваются воздушные и водяные сопла.

Но на сегодняшний день такая технология является дорогостоящей и «программирование» фильма осуществляется вручную. Поэтому лишь небольшое количество кинотеатров оборудовано для просмотра фильмов в 4D-формате, как в России, так и в мире. Исходя из этих особенностей технологии 4D, возникла идея создания алгоритма генерации сценария управления подвижными креслами, что и лежит в основе темы данной работы.

Целью работы является разработка методов генерации сценария управления подвижными креслами на основе видеопоследовательности в мультимедийных и тренажерных системах. Среди поставленных задач можно выделить наиболее значимые, такие как исследование и анализ существующих алгоритмов для мультимедийной обработки видео, формирование рекомендаций по применению данных алгоритмов для параметризации движения, программная реализация алгоритмов генерации сценария управления креслами, разработка программного комплекса для наглядной оценки результатов. В качестве объекта исследования

выступают видеопоследовательности, характеризующиеся динамикой движений и сменой сцен.

В качестве критериев выбора алгоритмов компьютерного зрения оценивались качество, вычислительная сложность и доступность исходных кодов используемых методов в открытых библиотеках. Для определения межкадрового рассогласования был выбран метод фазовых корреляций на основе преобразования Фурье, из-за точности результатов и сравнительно небольшой вычислительной сложности. Для вычисления оптического потока был выбран метод Брокса, так как данный метод оказался наиболее устойчивым изменениям в мелкозернистых текстурах и результирующий оптический поток «зашумлен» ошибочными векторами меньше остальных методов. Из большого семейства алгоритмов машинного обучения выбраны нейронные сети и деревья решений.

Была приведена оценка предложенных методов параметризации движения. На основе результатов, можно сказать, что метод фазовых корреляций определяет межкадровое рассогласование со следующими погрешностями: 0,2% для смещения, 3,1% для угла поворота и 4,3% для величины масштабирования. Во время оценки определения кинематографических приемов сьемки для видеопоследовательностей, содержавших только один приемов, были получены результаты, указывающие на то, что метод сравнения гистограмм позволяет точно определять приемы съемки. А метод параметризации движения объектов показывает хорошие результаты только при отсутствии глобального движения в кадре или при движении объектов в противоположных направлениях глобальному движению.

Использование алгоритмов машинного обучения показало приемлемые результаты. Определение углов поворота для пар кадров показало следующие результаты:

- сверточная нейронная сеть для оптического потока: среднеквадратичная ошибка величины угла отклонения 9,52°, причем направление наклона кресел правильно определено в 63% случаев;
- многослойный перцептрон для параметров движения: среднеквадратичная ошибка величины угла отклонения 7,26°, причем направление наклона кресел правильно предсказано в 83% случаев;
- с помощью деревьев решений и параметров движения удалось достичь 87% верно распознанных сцен, где нужно подключать движения кресел. С учетом этого данный подход можно использовать для оценки целесообразности конвертирования фильма в формат 4D.

Для генерации сценария можно использовать как эвристические методы (те, которые были предложены в модуле обработки), так и машинное обучение. Наилучший результат показал многослойный перцептрон с параметризацией движения, но модуль обработки сравним с ним по результатам. Выбирать метод генерации стоит исходя из того, сколько есть данных для обучения, располагаемые вычислительные мощности и возможность гибко настраивать процесс генерации. Поэтому предпочтение отдается эвристическим методам, так как они более универсальны и не требуют специального оборудования и подготовленных данных. Следует заметить, что целесообразность использования подвижных кресел определяется наличием глобального движения или динамичными сценами. Программно это определить можно с помощью деревьев решений, но для этого необходимы данные для обучения. Поэтому имея обученную модель можно программно выделить из коллекции видеопоследовательностей те, которые сообразно переводить в формат 4D.

В данной работе были разработаны методы параметризации и классификации движения и автогенерации сценария движения подвижных кресел для модернизации

систем мультимедийной обработки видеоданных. В ходе работы были разработаны методы, с помощью которых можно параметризировать движение в кадре, определять направление движения объектов в сцене и определять используемые при съемке кинематографические приемы. Были реализованы два программных модуля, первый из которых получает информацию о движении в видеопоследовательности, а второй обрабатывает эту информацию, вырабатывает сценарий для управления подвижными креслами и позволяет проиграть сценарий на смоделированной 3D-сцене кинотеатра.

Первый программный модуль (модуль обработки), содержит множество настроек (таких как выбор метода вычисления оптического потока, настройка различных фильтров, отключение некоторых стадий обработки и др.) и методы параметризации движения, которые, на основе тестирования и оценки результатов, позволяют качественно параметризировать различные типы движения на сценах.

Второй программный модуль имеет графический интерфейс, содержащий множество графиков, значений и настроек, которые подробно описывают все этапы составления финального сценария управления креслами и позволяют гибко настраивать этот процесс. Одной из основных задач данного модуля, является управление подвижными креслами в смоделированной 3D-сцене кинотеатра и показа исходной видеопоследовательности во время проигрывания сценария, что позволяет оценить результаты параметризации движения и их обработку. Была исследована возможность решения данной задачи с помощью алгоритмов машинного обучения. По результатам можно говорить, что нейронные сети подходят для решения поставленных задач в случае, если имеется достаточно данных для обучения и не требуется гибко настраивать процесс генерации. Также предложен подход вычисления оценки целесообразности конвертирования фильма в формат 4D, основанный на деревьях решений.

Литература

1. Gonzales R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. – 3rd Edition. – Prentice-Hall, 2007. – 976 p.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
4. Мясников Е.В. Определение параметров геометрических трансформаций для совмещения портретных изображений // Сб. научных публикаций Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – № 14. – С. 80–85.
5. Stone H.S. A Fast Direct Fourier-Based Algorithm for Subpixel Registration of Images // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. – 2001. – V. 39. – № 10. – P. 2235–2243.
6. Reddy B.S and Chatterji B.N. An FFT-based technique for translation, rotation, and scale-invariant image registration // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. – 1996. – V. 5. – № 8. – P. 1266–1271.
7. Fleet D.J. and Weiss Y. Optical Flow Estimation // Handbook of Mathematical Models in Computer Vision (Lisbon: Springer). – 2006. – P. 237–357.
8. Liu C., Yuen J., Torralba A. SIFT Flow: Dense Correspondence across Scenes and its Applications // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2011. – V. 33. – № 5. – P. 1–17.
9. Bouguet J.-Y. Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker Description of the algorithm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://robots.stanford.edu/cs223b04/algo_tracking, своб.

10. Farnebuack G. Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion // Image Analysis. – 2003. – P. 363–370.
11. Brox T., Bruhn A., Papenberg N. and Weickert J. High Accuracy Optical Flow Estimation Based on a Theory for Warping // In Proc. 8th European Conference on Computer Vision. – 2004. – V. 4. – P. 25–36.



Горлач Елена Алексеевна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов
и консервирования холодом, группа № Т4210
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: lenagorlah@yandex.ru

УДК 637.524.24

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ВАРЕНЫХ КОЛБАС НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИОКСИДАНТА – СЕЗАМИНА

Горлач Е.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Мурашев С.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615873 «Инновационные ресурсосберегающие технологии биоконверсии пищевого сырья, консервирования и хранения комбинированных пищевых систем».

Колбасы занимают существенное место в питании населения. Использование нетрадиционных растительных компонентов при изготовлении колбас способствует улучшению качества продуктов, их биологической и пищевой ценности. Создаваемые продукты должны включать сбалансированный комплекс белков, липидов, минеральных веществ, витаминов и обладать высокими питательными и вкусовыми свойствами. Применение в составе колбасных товаров зерновых культур является одним из таких направлений. Однако при постоянном стремлении производителей изготавливать колбасы с меньшей себестоимостью, изменяя рецептуру, и внося различные химические вещества, тем самым уменьшая биологическую ценность продукта, появляется необходимость в разработке качественно новых продуктов, позволяющих восполнить эти недостатки.

Для повышения биологической ценности колбас и расширения ассортимента этих изделий разработана вареная колбаса с использованием цельных семян кунжута, она создана на основе вареной колбасы «Докторская ГОСТ» с добавлением цельных семян кунжута. Рассмотрены различные варианты введения семян белого и черного кунжута в фарш. Технология производства колбасы с добавлением цельных семян кунжута не отличается от стандартной технологии на предприятиях при производстве вареных колбас. После первичной подготовки сырья, включающую разморозку, зачистку и разделку мясных полутуш, происходит обвалка и жиловка мяса. Затем его измельчают на волчке, далее в фаршемешалке смешивают с засолочными ингредиентами [1].

После этого фарш отправляют в куттер, вначале идет закладка нежирного сырья, затем жирного и в конце специи, вот здесь и происходит добавление семян кунжута совместно со специями. Параллельно этой операции идет подготовка оболочки и уже готовую фаршевую массу доставляют к шприцу для набивки [2].

Далее происходит осадка батонов, а после их термическая обработка, состоящая из обжарки и варки. В заключительном этапе производства готовые батоны охлаждают сначала под душем, затем в камере интенсивного охлаждения, и после проведенных операций, полученная продукция проходит контроль качества.

Для выбора оптимального варианта было произведено 6 образцов. Три образца с белым кунжутом: Образец № 1 – 3% семян кунжута, Образец № 2 – 5% семян кунжута, Образец № 3 – 7% семян кунжута. Три образца с черным кунжутом: Образец 4-3% семян кунжута, Образец № 5 – 5% семян кунжута, Образец № 6 – 7% семян кунжута. В рецептуру вареной колбасы входят: говядина высший сорт 25 кг, свинина полужирная 70 кг (с увеличением процента вводимого кунжута на 3, 5, 7% в образцах происходит уменьшение количества вводимой свинины в образцах на 3, 5 и 7 кг, и составляет 67, 65, 63 кг соответственно для каждого вида кунжутного семени), яйцо 2 кг, молоко сухое 3 кг, соль поваренная 2,5 кг, нитрит натрия 0,5 кг, сахар-песок 0,1 кг, перец душистый 0,1 кг, орех мускатный 0,05 кг, вода 25 кг, семена кунжута в опытных Образцах № 1 и № 4 – 3 кг, в Образцах № 2 и № 5 – 5 кг, в Образцах № 3 и № 6 – 7 кг.

Опытные образцы оценивали по органолептическим показателям, которые соответствуют норме: внешний вид всех образцов соответствует внешнему виду данного продукта, а именно батоны с чистой, сухой поверхностью, без разрывов оболочки, но в опытных Образцах № 1, № 4 присутствуют бульонно-жировые отеки. Запах соответствует данному виду продукта, но в опытных образцах в разной степени присутствует аромат и привкус семян кунжута. Консистенция у образцов упругая, что соответствует требованиям, в опытных образцах семена кунжута цельные и распределены равномерно. Цвет образцов от светло-розового до розового, с вкраплениями семян в зависимости от их цвета.

Далее готовая продукция подвергалась дегустационной оценке. Оценка проводилась с участием 20 человек, каждый показатель выражается в баллах от 0 до 5. Оценка проводилась по следующим показателям: товарный вид, цвет, запах, консистенция и вкус. Наибольшее количество баллов набрал Образец № 2 – с добавлением 5% семян белого кунжута (22,3 балла), что на 1,2 балла больше контроля (21,1). Этот образец превзошел остальные по показателям: вкус, консистенция, товарный вид, а так же занял первое место совместно с Образцом № 4 по показателю – запах. Данный образец имеет приятный цвет (розовый), консистенция упругая, без усилий режется ножом, на разрезе видны цельные семена кунжута, которые распределены равномерно, имеет запах вареного мяса со специфическим ароматом и привкусом кунжута, при разжевывании семена лопаются. Образцы с черными семенами набрали меньше баллов, чем с белыми, на результат повлиял эстетический вид продукта.

По результатам физико-химических исследований можно сказать, что исследуемые образцы соответствуют показателям ГОСТ Р 52196-2011 в разной степени, а именно, массовая доля поваренной соли в Образцах № 1–3 составляет 1,75%, Образцах № 4–6 составляет 1,77%, что входит в требование ГОСТ не более 2,1%, массовая доля влаги для контрольного образца 59%, для остальных образцов 57%, 56% и 55% соответственно для образцов с белыми семенами кунжута, 56%, 54%, 54% соответственно для образцов с черными семенами кунжута, этот показатель входит в диапазон показателя ГОСТ 53 – 70%. Так как семена кунжута содержат большое количество белка, являющегося хорошим адсорбентом воды, поэтому воду из окружающей семена фаршевой массы семена впитывают. Таким образом, в результате перераспределения влаги фаршевая масса теряет некоторое ее количество, что и было установлено в ходе наших исследований.

В работе проводились измерения pH семян кунжута в двух видах: в свежем виде, и подвергнутом тепловой обработке. Семена белого кунжута в свежем виде имеют pH 6,19, а подвергнутые тепловой обработке 5,89. У семян черного кунжута pH 6,69 и 6,23, соответственно, в свежем виде и после тепловой обработки. Таким образом, pH обоих видов семян после проведенной манипуляции смещается в кислую область. У белого кунжута pH уменьшается на 0,3, у черного на – 0,46.

В опытных образцах измерялась величина pH в различные периоды времени: сразу после приготовления, через один день, через три дня и через пять дней после приготовления. Результаты данного исследования приведены на рис. 1 и 2.

Белый кунжут оказывает близкое к черному кунжуту влияние, которое, однако, имеет свою специфику. Она заключается в том, что минимальное значение pH наблюдается до вторых-третьих суток, в то время как для черного кунжута спад наблюдается в течение первых суток. После чего, у нас происходит рост pH, он по сравнению с исходными значениями этот рост существенно меньше 0,1. Эти особенности мы объясняем спецификой влияния на кунжут тепловой обработки в ходе варки колбас.

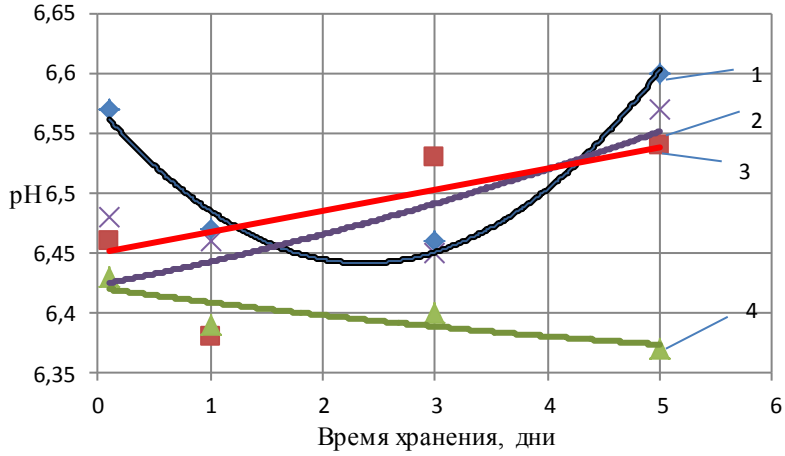


Рис. 1. Зависимость pH опытных образцов с семенами белого кунжута от времени хранения: 1 – Образец № 2 (5%); 2 – Образец № 3 (7%); 3 – Образец № 2 (3%); 4 – контроль

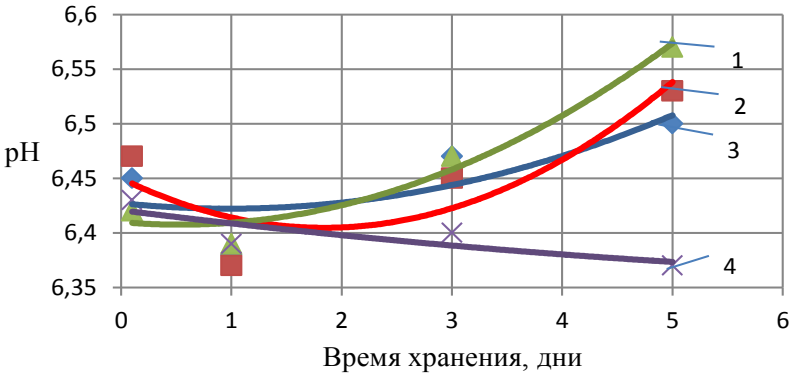


Рис. 2. Зависимость pH опытных образцов с семенами черного кунжута от времени хранения: 1 – Образец № 6 (7%); 2 – Образец № 5 (5%); 3 – Образец № 4 (3%); 4 – контроль

Для образцов колбас, содержащих добавку черного кунжута, наблюдается отличие от образцов, которые содержат белый кунжут, что может быть связано с особенностями его состава, обусловленными отсутствием обработки, как это было

сделано с белым кунжутом. Образцы, содержащие черный кунжут по мере хранения обнаруживают тенденцию к росту pH в пределах 0,1–0,15, по сравнению с контрольным образцом, который не содержит добавки черного кунжута и для которого, напротив, наблюдается тенденция к уменьшению pH примерно на 0,05 в течение 5 суток хранения. Максимальное увеличение значения pH наблюдается для образцов с наибольшим содержанием черного кунжута. Увеличение pH обусловлено изменением свойств кунжута, подвергнутого тепловой обработке.

Микробиологическая оценка опытных образцов была проведена с помощью микробиологических экспресс тестов в разные периоды времени: через 1, 3 и 5 дней после приготовления образцов. Определению подвергались такие показатели как: наличие плесени, дрожжей, КМАФАнМ и КОЕ. Спустя один и три дня после приготовления ничего не выявлено, изменения появляются лишь на пятый день. В контрольном образце наблюдаются дрожжи и 8 колониеобразующих единиц. В образцах с белым и черным кунжутом обнаружены дрожжи, а в образце с 3% белого кунжута еще и плесень. Сравнивая полученные результаты опытных образцов по количеству колониеобразующих единиц можно сделать вывод, что образец с 5% семян белого кунжута содержит минимальное их количество.

Семена кунжута богаты маслом, состоящего из кислот органического происхождения, триглицеридов и глицериновых эфиров, насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, содержит большое количество кальция (1474 мг), а так же в нем находится вещество, которое именуют сезамин. Это сильный антиоксидант, который уменьшает показатель холестерина в крови. Он необходим для профилактики многих заболеваний, в том числе злокачественных опухолей.

Наличие сезамина в семенах кунжута можно проверить реакцией Бодуэна, основанной на том, что этот антиоксидант является хромогенным веществом, способным давать стойкое окрашивание в присутствии некоторых реагентов (реакция качественная) [3].

Была проведена эта реакция со свежими семенами и семенами, подвергнутыми тепловой обработке. Как свежий, так и кунжут, подвергнутый тепловой обработке показали положительный результат на реакцию. Однако после тепловой обработки реакция стала протекать длительнее, если в свежем кунжуте цвет моментально становился насыщенным, то в семенах, подвергнутых тепловой обработке реакция стала протекать медленнее изменяя свой цвет от розового до красного, а затем уже до насыщенного бардового.

Определен лучший образец вареной колбасы, с добавлением семян кунжута, по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, это Образец № 2, содержащий 5% белых семян кунжута.

Литература

1. Мурашев С.В., Кодиров У.О. Влияние глубины измельчения на свойства фарша говядины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/8754.pdf, своб.
2. Архангельская П.А., Мурашев С.В. Натуральные колбасные оболочки: характеристика, подготовка, дефекты, термообработка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/naturalnye-kolbasnye-obolochki-harakteristika-podgotovka-defekty-termoobrabotka, своб.
3. Полюдек-Фабини Р., Бейрих Т. Органический анализ / Пер. с нем. – Л.: Химия, 1981. – 624 с.



Грибов Алексей Владимирович
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4245
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: gribov-aleksei.vl@yandex.ru

УДК 62-529

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЯМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОМЕНТОМ

Грибов А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Усольцев А.А.

В последние десятилетия произошло значительное развитие вычислительной техники и силовой электроники. Улучшение характеристик технических средств привело к развитию систем управления двигателями. Так в 1984 году И. Такахаши разработал новый метод управления моментом асинхронного двигателя – прямое управление моментом [1]. Системы, построенные по данному принципу, отличаются простотой реализации, высоким быстродействием при отработке скачков возмущения и сигналов задания и рядом других характеристик. К значительным недостаткам системы относятся непрерывный спектр гармоник тока, а также пульсации тока, момента и скорости [1]. Из анализа литературы ясно, что основной **целью** последовавших исследований стало обеспечение наибольшего быстродействия систем, уменьшение амплитуды пульсаций и потерь Перечисленные недостатки обусловлены ограниченным набором базовых векторов напряжения, в связи с чем исследователями были разработаны методы увеличения количества векторов: применение более сложных схем инверторов напряжения, модернизация систем с помощью метода пространственно-векторной модуляции с фиксированными или нефиксированными дискретными интервалами [2, 3]. Применение первого подхода приводит к увеличению массы и габаритов преобразователя частоты, а при построении высоковольтного привода – к значительному удорожанию; второй подход усложняет систему управления из-за необходимости использования преобразователей координат. В некоторых работах для устранения недостатков системы было предложено использовать сигнал задания потокосцепления статора. На основе взаимосвязи потокосцеплений статора и ротора был разработан алгоритм расчета сигнала задания, который позволяет увеличить перегрузочную способность двигателя [4]. Главным направлением исследований стал поиск новых алгоритмов формирования и выбора вектора напряжения частотного преобразователя. В ряде последних исследований решением становится адаптивный регулятор, которым заменяют релейные регуляторы момента и потокосцепления отдельно или вместе с таблицей выбора векторов [5]. В настоящее время этот подход к улучшению показателей работы системы развивается наиболее активно, поскольку позволяет сохранить простоту реализации системы и предоставляет возможности по значительному улучшению показателей.

В работе в ходе исследования условий предельного быстродействия асинхронного электропривода с прямым управлением моментом была создана модель

привода, а также определены настройки регулятора скорости, обеспечивающие предельное быстродействие при задающем и возмущающем воздействии.

В результате исследования влияния настройки стандартного ПИ-регулятора скорости на быстродействие привода было установлено, что наименьшее время реакции обеспечивается введением регулятора момента в режим насыщения. Однако в данном режиме работы наблюдается сильная зависимость времени реакции системы на скачок возмущающего воздействия от его знака. Данный факт обусловлен самим принципом работы системы управления, который заключается в регулировании амплитуды и угла вектора потока сцепления статора. Регулирование момента осуществляется посредством смещения вектора одним из базовых векторов напряжения по направлению вращения вала двигателя или против, что соответственно увеличивает либо уменьшает угол между векторами потокосцепления статора и ротора. В то же время вращение вектора потокосцепления ротора уменьшает данный угол, таким образом, противодействуя увеличению момента двигателя системой и ускоряя реакцию на сброс момента сопротивления.

В рамках исследования был синтезирован адаптивный регулятор скорости, самонастраивающийся по сигналам возмущения и задания. Регулятор предназначен для обеспечения минимальной длительности реакции системы на скачкообразное воздействие независимо от скорости вращения. Поставленная задача решается изменением пропорционального коэффициента регулятора таким образом, что регулятор момента входит в режим насыщения.

При скачке сигнала задания пропорциональный коэффициент регулятора усиливается так, что регулятор момента находится в насыщении до достижения скоростью заданного значения. Затем знак коэффициента меняется на обратный, что приводит к быстрому уменьшению момента двигателя до нуля и отсутствию значительного перерегулирования в переходном процессе. При скачке сигнала возмущения управление пропорциональным коэффициентом осуществляется до тех пор, пока ускорение вала двигателя не станет равным нулю. В случае увеличения момента нагрузки регулятор момента вводится в насыщение. Поскольку асимметрия реакции системы на возмущающее воздействие с насыщенным регулятором момента требует адаптации, то если момент нагрузки уменьшается – регулятор стремится замедлить скорость реакции. Последняя цель достигается поддержанием изменения момента двигателя на заданном уровне с помощью пропорционального коэффициента. При быстрой реакции системы на возмущающее воздействие наблюдается перерегулирование момента двигателя. С целью его ограничения, адаптивный регулятор ограничивает ускорение двигателя при помощи пропорционального коэффициента.

Таблица 1. Реакция привода с адаптивным регулятором скорости на скачок задающего воздействия

Двигатель	Скачки момента, о.е.	Скачок задания $\omega_1=0,5\rightarrow\omega_2=1$		Скачок задания $\omega_1=1\rightarrow\omega_2=0,5$	
		Длительность фронта, мс	$\Delta M / \Delta t$, Нм/мс	Длительность фронта, мс	$\Delta M / \Delta t$, Нм/мс
5AM112M2	0,7/–2,3	0,26	66,5	0,2	284
5A200L2	0,7/–2,3	0,5	204,4	0,44	763,2
5AM250M2	0,5/–1,5	0,3	483	0,3	1450
5AM315S2	0,9/–1,1	0,75	618	0,25	2266

Таблица 2. Реакция привода с адаптивным регулятором скорости на скачок возмущающего воздействия

Двигатель	Электромеханическая постоянная, мс	Электромагнитная постоянная, с	Нагрузка, о.е.	Длительность фронта, мс		
				$\uparrow M_{дв}$	$\downarrow M_{дв}$	$\downarrow M_{дв}$ с компенсацией
5AM112M2	57,5	0,0920	0→1→0	0,75	0,1	0,2
5A200L2	134,5	0,2132	0→1→0	2,8	0,18	0,68
5AM250M2	313	0,2727	0→1→0	3,2	0,2	0,8
5AM315S2	509,5	0,3132	0→1→0	3,6	0,23	1

В табл. 1 и 2 приведены результаты моделирования реакции привода. В табл. 2 крайний правый столбец соответствует длительности фронта при реакции системы на сброс нагрузки с компенсацией несимметричности реакции регулятором, столбец перед ним – без компенсации. Исследование реакции на возмущающее воздействие производилось на номинальной скорости вращения. На рис. 1 и 2 представлены графики моделирования работы асинхронного электропривода с прямым управлением моментом с двигателем 5A200L2, μ – отношение момента двигателя к его номинальной величине.

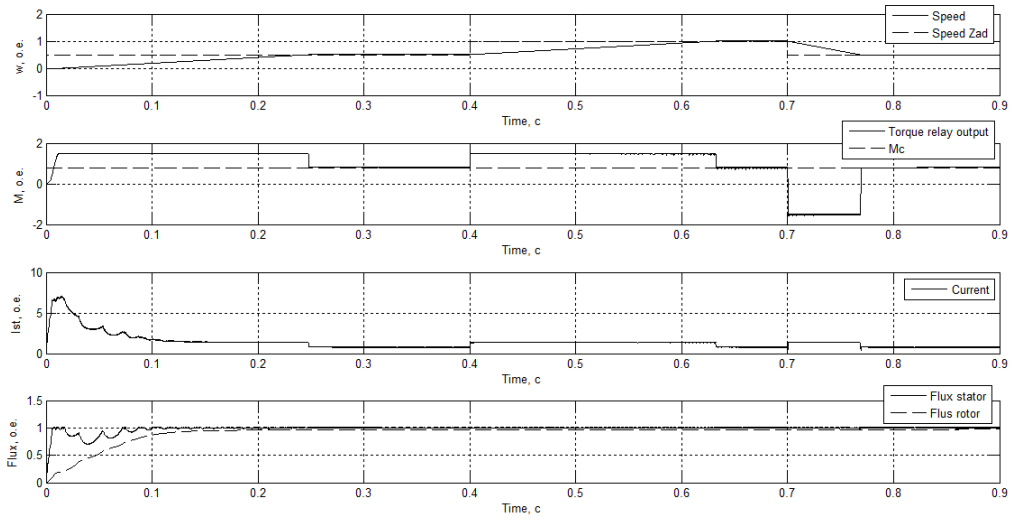


Рис. 1. Реакция на изменение задающего воздействия системы с ограничением сигнала задания по моменту

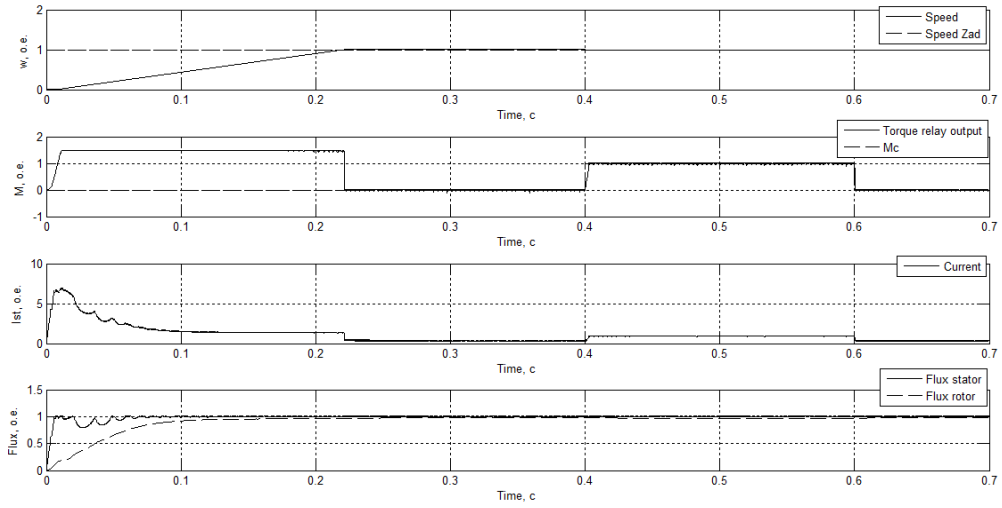


Рис. 2. Пуск привода, реакция на скачки возмущающего воздействия μ_1=0→μ_2=1→μ_3=0

Необходимо отметить, что при прочих равных условиях длительность фронта незначительно варьируется в зависимости от момента времени скачкообразного воздействия. Максимальное быстродействие будет соответствовать такому положению потокосцепления статора, при котором тангенциальная составляющая прикладываемого системой вектора напряжения будет наибольшей.

Анализ динамики асинхронного электропривода с DTC-управлением позволяет выделить следующие характерные особенности системы и способы оптимизации ее характеристик:

– существенным недостатком DTC-управления является принципиальная зависимость времени реакции от скорости вращения ротора и от знака управляющего воздействия;
– максимальная скорость реакции обеспечивается введением регулятора момента в режим насыщения, что достигается соответствующим увеличением пропорционального коэффициента изодрома регулятора скорости. Однако при выходе из насыщения наблюдается существенное перерегулирование момента и тока статора двигателя;
– ограничение сигнала задания момента двигателя позволяет обеспечить симметрию реакции привода на положительное и отрицательное управляющее воздействие;
– обеспечить максимальное быстродействие, устранив при этом асимметрию реакции и влияние скорости вращения на характер и длительность переходного процесса, а также перерегулирование тока и момента, можно путем использования адаптивного регулятора, в котором пропорциональный коэффициент изодрома является функцией текущих значений ошибки скорости вращения, собственно скорости вращения и ускорения вала двигателя.

Литература

1. Усольцев А.А. Современный асинхронный электропривод оптико-механических комплексов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 164 с.
2. Kousalya D., Kumar N.M. Torque Ripple Reduction in SVM Based Direct Torque Control of Induction Motor // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. – 2014. – V. 3. – № 2. – P. 194–201.
3. Idris N.R.N., Yatim A.H.M., Azli N.A. Direct torque control of induction machines with constant switching frequency and improved stator flux estimation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ieee-ies.org/iecon01/abstracts/IE01A-988787154.pdf, своб.
4. Casadei D., Serra G., Tani A. and Zarri L. Assessment of direct torque control for induction motor drives // Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences. – 2006. – V. 54. – № 3. – P. 237–254.
5. Данилова М.Г., Чернышов С.Ю., Сидоров Е.Н., Основин М.С. Моделирование асинхронного привода с нечетким прямым управлением момента в Simulink [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_3_Danilova_F.pdf_2456.pdf, своб.



Желтышев Михаил Александрович
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № А4205
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: mihalich93@bk.ru

УДК 504.054

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ОКИСЛАМИ АЗОТА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Желтышев М.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Конопелько Л.А.

Антропогенное загрязнение атмосферы крупных городов, промышленных центров, транспортных узлов является актуальной проблемой обеспечения экологической безопасности населения и сохранения окружающей среды. Особенно остро данная проблема обстоит для нашего города – мегаполиса Санкт-Петербурга.

Окислы азота (NO_x) вносят значительный вклад в общее загрязнение атмосферы города, являясь одними из приоритетных загрязняющих веществ при нормировании и оценке качества воздуха. Основной механизм образования данных веществ в воздухе состоит в окислении атмосферного молекулярного азота до соответствующих оксидов азота при высокотемпературном горении топлива (например, в двигателях автомобилей и иных транспортных средств, печах котельных и металлургических производств и т.п.).

По официальным данным «Доклада об экологической ситуации в г. Санкт-Петербурге за 2015 год», суммарные выбросы оксидов азота в атмосферный воздух составили 61,4 тыс.т [1]. При учете растущей автомобилизации населения города и его промышленном развитии, данная проблема становится еще более актуальной.

Немаловажно отметить, что данные соединения являются одними из определяющих при процессах образования фотохимического смога, закисления атмосферных осадков, водных объектов и почвенного слоя, а также интенсификации процессов эвтрофикации водоемов.

Соответственно, проведение объективного анализа антропогенного загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга окислами азота является комплексной и заслуживающей внимания задачей, требующей внимания специалистов в области охраны окружающей среды, чем и обусловлена актуальность проводимой работы.

Целью работы явилось проведение анализа загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга окислами азота по результатам численного моделирования и дистанционных наблюдений.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. оценка текущей ситуации загрязнения воздуха Санкт-Петербурга окислами азота;
2. рассмотреть различные подходы к осуществлению мониторинга за оксидами азота в масштабах Санкт-Петербурга;
3. оценить возможность применения аппарата численного моделирования для анализа загрязнения воздуха в условиях Санкт-Петербурга;
4. произвести конфигурирование применяемой модели под локальные условия нашего города;
5. произвести ряд экспериментов с использованием полученной конфигурации;

6. произвести оценку адекватности модели при работе в масштабах города;
7. произвести анализ полученных результатов.

Регулярные наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха позволяют проводить оценку качества и фиксировать текущее состояние воздушного бассейна в настоящий момент времени, что является, безусловно, одним из действенных подходов к анализу данной проблемы. Так, при изучении процессов переноса загрязняющих веществ в масштабах столь крупного города, как Санкт-Петербург, наибольший интерес представляют данные наблюдений общего содержания изучаемого соединения в атмосферном столбе. С 2004 года на базе НИИ Физики СПбГУ осуществляется регулярный мониторинг содержания двуокиси азота в толще атмосферы методом спектрометрии рассеянного из зенита солнечного излучения с использованием метода DOAS [2].

Кроме этого, широкое применение в исследованиях процессов загрязнения атмосферного воздуха над урбанизированными территориями получили метода дистанционного зондирования Земли. В рамках проводимой работы были использованы данные наблюдений за тропосферным содержанием диоксида азота, поступающих с космического аппарата NASA Aura (сканирующий спектрометр OMI).

Наряду с проведением регулярных наземных и спутниковых наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного бассейна, широкое распространение получило применение аппарата численного моделирования переноса и рассеивания примесей, позволяющее подойти к решению подобных задач более комплексно и объективно (оценка ситуации в различных масштабах, прямое и обратное прогнозирование уровней загрязнения, учет комплексного влияния множества источников эмиссии, анализ содержания загрязняющих веществ в различных атмосферных слоях при разных метеоусловиях и т.п.).

Одной из популярных и заслуживших признание большого круга специалистов моделей подобного рода является модель распространения примесей в атмосфере HYSPLIT, с использованием которой и решалась поставленная задача. Конфигурирование модели (включающее введение входных данных об источниках выбросов, метеопараметрах) и последующая проверка адекватности полученной конфигурации производилась по данным реальных наблюдений (в рамках этой работы были использованы данные наземных наблюдений за тропосферным содержанием диоксида азота, осуществляемые сотрудниками НИИФ СПбГУ, а также данные, поступающие со спутникового аппарата Aura).

Структура и пространственное распределение источников выбросов было получено путем генерализации (с более чем 125 000 до 50 обобщенных) данных инвентаризации стационарных и передвижных источников выбросов Санкт-Петербурга. Данная операция позволила в существенной мере сократить время проведения расчета модели и соответствующую обработку данных.

В дальнейшем, с использованием генерализованной структуры источников, был проведен ряд численных экспериментов, валидация и масштабирование результатов моделирования. Совмещенный график данных модельного расчета общего тропосферного содержания диоксида азота и ряда данных наземных наблюдений тропосферного содержания диоксида азота на базе НИИФ СПбГУ приведены на рис. 1.

Основываясь на данных сопоставления, можно сделать вывод о высоком согласии (коэффициент корреляции 0,74) результатов расчетов с реальными наблюдениями, что говорит о достаточно высокой степени качества полученной конфигурации модели для проведения объективных оценок и анализа процессов распространения и рассеивания окислов азота в атмосферном воздухе нашего города. Таким образом, данный вариант конфигурации модели пригоден для проведения

дальнейших численных экспериментов по моделированию различных ситуаций загрязнения воздушного бассейна Санкт-Петербурга.

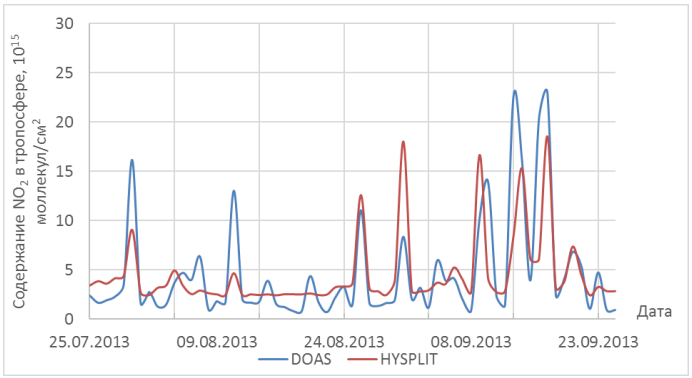


Рис. 1. Сопоставление данных наземных наблюдений (DOAS) и отмасштабированных результатов модельного расчета (HYSPLIT) за период с 25.07.13 по 25.09.13

Ряд численных экспериментов был проведен для дней, перечисленных в таблице.

Таблица. Перечень дат проведения расчета

Дата	Температура воздуха, °С	Облачность, %	Скорость ветра, м/с	Направление ветра
06/08/14	28,4	40	2	ВЮВ
10/06/15	14,1	25	4	З
16/03/15	8,2	0	1	ССЗ
05/05/16	18,7	10	1	ВСВ
24/05/16	22,7	0	1	ВСВ

Результаты проведенных экспериментов для перечисленных в таблице дней (в виде визуализированных полей концентраций общего содержания двуокиси азота в тропосферном слое), представлены на рис. 2–4.

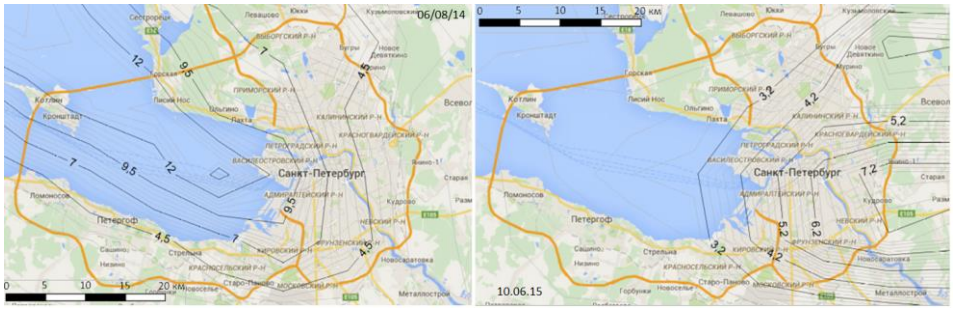


Рис. 2. Расчетные поля общего тропосферного содержания двуокиси азота (10^{15} молекул/см^2) 06/08/14 и 10/06/15 над территорией Санкт-Петербурга

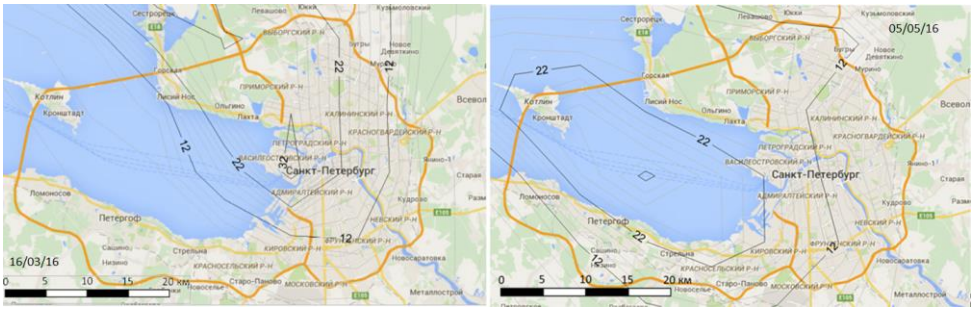


Рис. 3. Расчетные поля общего тропосферного содержания двуокиси азота (10^{15} молекул/см^2) 16/03/14 и 05/05/15 над территорией Санкт-Петербурга

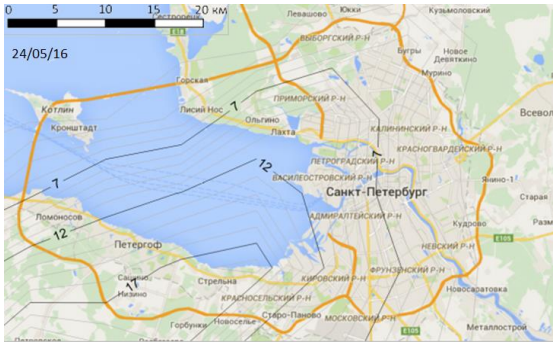


Рис. 4. Расчетное поле общего тропосферного содержания двуокиси азота (10^{15} молекул/см^2) 24/05/15 над территорией Санкт-Петербурга

Для проверки адекватности работы итоговой версии конфигурации модели было произведено сопоставление полученных в результате упомянутых экспериментов данных с данными спутникового зондирования. Для возможности проведения сопоставления было осуществлено извлечение исходных спутниковых данных (значения концентраций и границы пикселов съемки) для последующей векторизации и анализа в геоинформационной системе (ГИС).

С использованием ГИС (инструмент «Зональная статистика») осуществлен совместный анализ спутниковых и расчетных данных. Результаты сопоставления приведены на рис. 5.

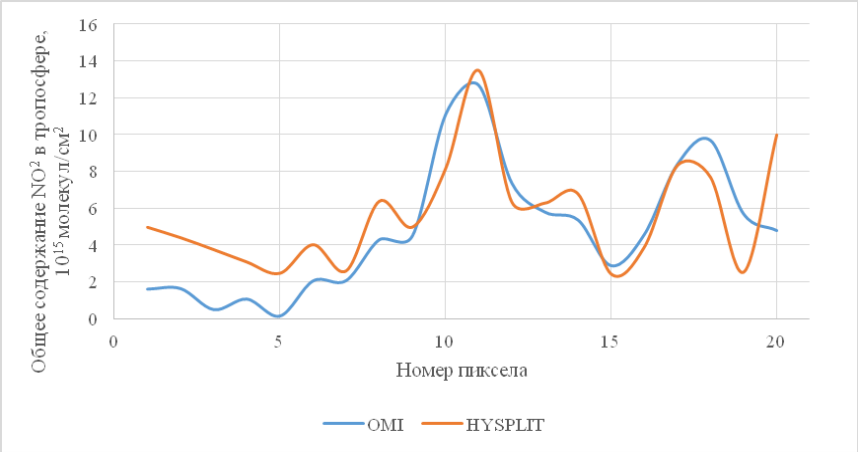


Рис. 5. Сопоставления результатов моделирования и данных спутниковых наблюдений (Aura OMI)

В результате работы был проведен анализ антропогенного загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга окислами азота с использованием сформированной конфигурации модели HYSPLIT. Так, по результатам проведенных экспериментов были выявлены значительные временные и пространственные вариации общего содержания диоксида азота в атмосфере. Определяющими факторами уровня загрязнения являются метеоусловия – благоприятными для качества воздуха является, например, преобладание юго-восточного направления ветра, при котором загрязнение выносится из города в сторону Финского залива.

В результате работы были выполнены следующие задачи и сформулированы выводы:

– проведена оценка текущей ситуации по загрязнению воздуха оксидами азота над территорией Санкт-Петербурга. Выявлена высокая актуальность и острота данной проблемы, обусловленная структурой промышленности и транспортной нагрузкой в мегаполисе Санкт-Петербурга;

– рассмотрены различные подходы к проведению мониторинга загрязнения воздуха оксидами азота в масштабах мегаполиса Санкт-Петербурга. В рамках проводимой работы были использованы комплексные данные наблюдений (наземных и спутниковых);
– проведена оценка возможности применения аппарата численного моделирования для анализа загрязнения воздуха;
– с использованием данных дистанционных наблюдений произведена конфигурация применяемой численной модели. Полученная конфигурация модели обладает высокой степенью согласия с реальными данными (коэффициент корреляция 0,74) и может быть использована для проведения различных достаточно объективных оценок процессов загрязнения воздуха в условиях Санкт-Петербурга;
– проведен ряд численных экспериментов моделирования полей загрязнения над Санкт-Петербургом;
– произведена оценка адекватности работы модели с использованием данных дистанционных спутниковых измерений;
– произведен анализ (пространственный и статистический) полученных результатов. Данные проводимых расчетов показывают существенные вариации в содержании исследуемого компонента над территорией нашего города при различных метеоусловиях.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под ред. И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2016. – 168 с.
2. Поберовский А.В., Шашкин А.В., Ионов Д.В., Тимофеев Ю.М. Вариации содержания NO_2 в районе Санкт-Петербурга по наземным и спутниковым измерениям рассеянного солнечного излучения // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 43. – № 4. – С. 547–556.



Закирзянов Илья Тимурович
Год рождения: 1992
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № М4138
Направление подготовки: 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
e-mail: ilya.zakirzyanov@gmail.com

УДК 004.855.2

ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИТЕРАТИВНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ВЫПОЛНИМОСТИ

Закирзянов И.Т.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ульянцев В.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713574 «Биоинформатика, машинное обучение, технологии программирования, теория кодирования, проактивные системы».

Задача построения детерминированного конечного автомата (ДКА) минимального размера по конечному множеству примеров поведения (пар входных-выходных данных) изучается уже на протяжении нескольких десятилетий. Первая

известная серьезная работа в данном направлении была написана в начале 70-х [1]. Значимый вклад в развитие данного направления был сделан рядом работ в 90-х. Данные работы были связаны с такими областями, как раскраска графов, техники программирования в ограничениях (constraint programming) [2] и алгоритмы слияния состояний [3]. Подходы, основанные на сведении к задачам выполнимости формул в теориях (Satisfiability Modulo Theories, SMT) и выполнимости булевых формул (Boolean Satisfiability, SAT), были предложены в течение последнего десятилетия и показали многообещающие результаты [4]. Тем не менее, размер булевых формул, кодирующих данную задачу с помощью существующих подходов, не применим в случае, когда ДКА имеют достаточно большой размер. Использование подходов, основанных на сведении к задаче SMT, не решает проблему, так как алгоритмы решения задачи SMT сводят ее к решению задачи SAT и все равно используют булево кодирование. В настоящей работе были изучены подходы к решению задачи построения ДКА, основанные на сведении к задаче SAT, и было предложено более компактное сведение. Также в данной работе были исследованы существующие техники нарушения симметрии [5] и были предложены улучшения к ним, позволяющие асимптотически уменьшить размер их кодирования в булевы формулы, а также помогающие дополнительно сократить пространство поиска. Помимо этого в данной работе был предложен способ решения задачи нахождения всех ДКА минимального размера по примерам поведения, которая не могла быть решена эффективно ранее. Также были представлены новые предикаты нарушения симметрии на основе алгоритма обхода графа в глубину, однако они представляют только теоретический интерес.

Ключевым моментом для всех предложенных разработок являются предикаты нарушения симметрии на основе алгоритма обхода графа в ширину (Breadth-First Search, BFS), которые были разработаны автором ранее [5]. Для каждого ДКА существует факториальное от его размера число изоморфных ему автоматов, т.е. отличающихся только нумерацией состояний. Для сокращения пространства поиска задачи выполнимости можно использовать подходы к нарушению симметрии, позволяющие сократить число рассматриваемых автоматов. Существовавшие раннее методы были недостаточно эффективны – в общем случае рассматривалось все равно факториальное число автоматов. Предикаты нарушения симметрии на основе алгоритма BFS позволили для каждого класса эквивалентности по изоморфизму автоматов оставить ровно одного представителя. Пример автомата, пронумерованного в соответствии с алгоритмом BFS, приведен на рис. 1. Использование данных предикатов позволило значительно увеличить производительность существовавших раннее методов.

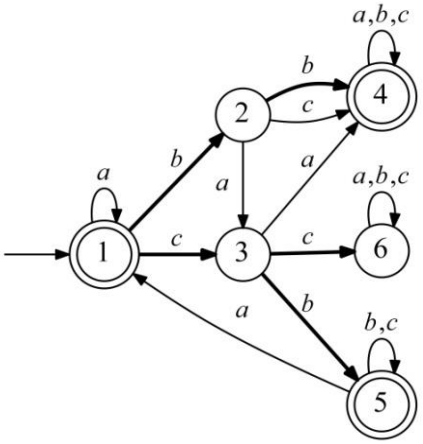


Рис. 1. Пример BFS-пронумерованного ДКА

Первой задачей, решенной в данной работе, является задача нахождения нескольких (или, что эквивалентно, всех возможных) неизоморфных ДКА с минимальным количеством состояний. Была предложена модификация метода, основанного на сведении к задаче о выполнимости, решающая данную задачу.

Были рассмотрены два варианта использования программных средств решения SAT: перезапуск не итеративного средства после нахождения каждого нового автомата и использование итеративного средства. Итеративное программное средство после нахождения некоторого решения сохраняет свое состояние и готово принять новые ограничения и продолжить свою работу. Необходимо заметить, что данная задача ранее эффективно не решалась и не могла быть эффективно решена в принципе ввиду того, что существовавшие методы различали изоморфные автоматы.

Собственно, для того, чтобы найти все автоматы минимального размера, необходимо после того, как программное средство найдет некоторый ДКА, сказать ему «ищи еще, но не такой, как этот и предыдущие». Повторяя данный процесс до тех пор, пока программное средство не сообщит, что больше ДКА данного размера не существует, добьемся необходимого результата. Так как с использованием предикатов нарушения симметрии на основе BFS для каждого класса эквивалентности рассматривается только один представитель, то все найденные автоматы будут различны.

Было проведено экспериментально сравнение двух вариантов данного подхода (со стратегией перезапуска и с использованием итеративного программного средства), а также обычного переборного метода с возвратом. Результаты измерений (медианное время решения задачи в секундах по 100 измерениям с ограничением в один час, прочерк означает превышение временного ограничения) приведены в табл. 1. Из них видно, что метод, использующий инкрементальное программное средство, значительно быстрее остальных.

Таблица 1. Время работы методов нахождения всех ДКА

Размер ДКА	Перезапуск, сек	Инкрементальное средство, сек	Перебор с возвратом, сек
5	1,1	0,6	0,3
6	1,9	0,9	0,9
7	5,1	1,4	5,8
8	22,7	2,3	95,1
9	45,9	3,7	879,7
10	206,1	7,8	–
11	697,9	20,6	–
12	2051,2	62,9	–

Далее, в данной работе были предложены модифицированные предикаты нарушения симметрии на основе BFS. Проведенные модификации позволили, во-первых, сократить размер формулы, кодирующей предикаты с $O(M^3 + M^2L^2)$ до $O(M^2L)$, а во-вторых, повысить производительность. Компактность достигается за счет использования дополнительных знаний о свойствах предикатов. Например, известно, что для предиката (1), где $p_{q,r}$ – булева переменная, верно, что для каждого дизъюнкта только одна переменная из $q-1$ истинна, а остальные ложны.

$$\bigwedge_{2\le q\le M}\left(p_{q,1}\vee p_{q,2}\vee\ldots\vee p_{q,q-1}\right). \qquad (1)$$

Использование данного свойства и других подобных, а также дополнительных булевых переменных позволило сократить асимптотический размер булевой формулы, кодирующей данные предикаты, как было указано выше.

Также были предложены дополнительные предикаты, которые не влияют на асимптотический размер формулы, однако дополнительно отсекают области пространства поиска. Данные предикаты используют, например, тот факт, что ребенок некоторой вершины в BFS-дереве может иметь номер из строго ограниченного диапазона. На рис. 2 показано полное BFS-дерево, из которого данные границы выводятся.

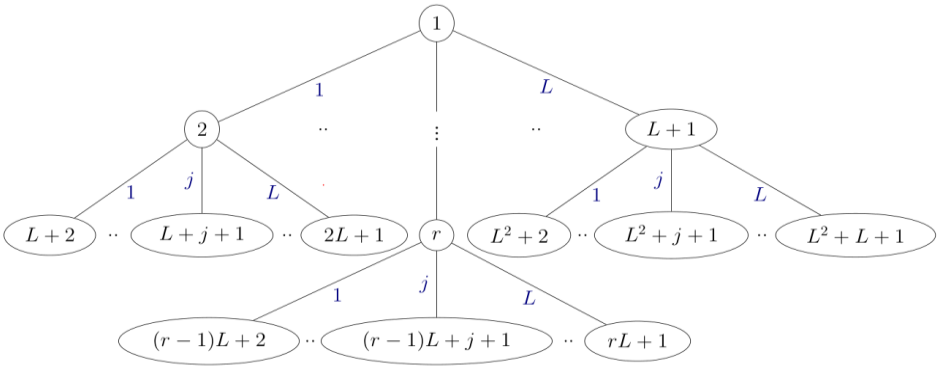


Рис. 2. Граничные значения номеров вершин в BFS-дереве

Результаты экспериментального сравнения (медианное время решения задачи в секундах по 100 измерениям с ограничением в один час, прочерк означает превышение временного ограничения) метода, использующего модифицированные предикаты нарушения симметрии (new), с методом, использующим старые предикаты (old), представлены в табл. 2. Из них видно, что модифицированные предикаты нарушения симметрии увеличили производительность примерно на 15%. При этом не следует забыть, что формула, кодирующая их, имеет меньший размер.

Таблица 2. Время работы методов, использующих предикаты нарушения симметрии на основе алгоритма BFS

Размер ДКА	new, сек	old, сек
20	43,57	51,8
25	112,81	130,79
30	237,57	276,9
35	551,07	598,1

Помимо прочего, в данной работе было предложено новое сведение самой задачи построения ДКА к задаче SAT. Данное сведение использует дополнительный промежуточный шаг в виде формулировок на языке задачи выполнимости формул в теориях SMT. Основным преимуществом нового сведения является его компактность относительно раннее существовавшего – $O(NM\log M)$ вместо $O(NM^2)$, где N – размер входных данных; M – размер ДКА. На относительно небольших автоматах, которые могут быть решены за небольшое время, данный подход немного проигрывает в производительности существующему (однако, не критично), что объясняется тем, что M недостаточно велико в таких случаях. При развитии же программных средств для решения задачи о выполнимости, при развитии компьютеров, а также при использовании, возможно, более эффективных подходов к нарушению симметрии, когда станет реальным решать задачи, для которых M равно хотя бы 100, данный метод позволит сократить формулу в разы, что должно положительно сказаться и на производительности. Надо заметить, что для некоторых

существующих задач, ни один из существовавших ранее точных методов неприменим ввиду того, что получаемая формула слишком велика и не может быть представлена на компьютере. Данный же метод решает такую проблему.

В результате данной работы были разработаны более компактные и более эффективные предикаты нарушения симметрии на основе алгоритма BFS. Также было разработано более компактное сведение задачи нахождения ДКА к задаче SAT с использованием SMT-формулировок. Помимо прочего впервые была эффективно решена задача нахождения всех неизоморфных ДКА минимального размера.

Литература

1. Biermann A.W., Feldman J.A. On the Synthesis of Finite-State Machines from Samples of Their Behavior // IEEE Trans. Computers. – 1972. – V. 21. – № 6. – P. 592–597.
2. Oliveira A.L., Marques-Silva J. Efficient Algorithms for the Inference of Minimum Size DFAs // Machine Learning. – 2001. – V. 44. – № 1/2. – P. 93–119.
3. Lang K.J. Faster algorithms for finding minimal consistent DFAs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pdfs.semanticscholar.org/f74c/5462cec67439490bf73f652ecd7d5f3f2679.pdf, своб.
4. Heule M., Verwer S. Exact DFA Identification Using SAT Solvers // ICGI. – 2010. – P. 66–79.
5. Ulyantsev V., Zakirzyanov I., Shalyto A. BFS-Based Symmetry Breaking Predicates for DFA Identification // LATA. – 2015. – P. 611–622.



Кормилицын Константин Александрович
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4203
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: kormilicinkostia@gmail.com

УДК 004.386

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ СТИМУЛЯЦИИ СЕРДЦА

Комилицын К.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустарев П.В.

На сегодняшний день встраиваемые вычислительные и управляющие системы получили широкое распространение. Такие системы используются в бытовой технике, в автомобилях, в современных средствах связи, в военной технике, в медицине и других отраслях. В отличие от систем общего назначения проектирование различного рода систем медицинского назначения, особенно предназначенных для реанимации, накладывает на разработчиков дополнительную ответственность. В разработке таких управляющих систем необходимо учитывать не только такие очевидные факторы, как надежность и ремонтопригодность, но и модель сложного биологического объекта, на которую будет направлено управляющее воздействие, и без которой нельзя ни

реализовать саму систему, ни обеспечить безопасность ее применения. Таким образом, проектирование встраиваемых вычислительных и управляющих устройств для реанимации возможно только на основе составления адекватной математической модели биологического объекта и определения его параметров, которые в свою очередь позволят сформулировать требования к встраиваемой вычислительной и управляющей системе и сформировать состав и требования к ее программному обеспечению (ПО), которое в подавляющем большинстве случаев, нельзя рассматривать в отрыве от аппаратного обеспечения. Фибрилляция желудочков (ФЖ) сердца является наиболее частой причиной внезапной сердечной смерти (основной причиной смертности во всем мире) [1]. Для решения этой проблемы были разработаны и широко употребляются в клинической практике устройства, которые позволяют купировать приступы ФЖ за счет подачи импульсов высокого напряжения на человека. К сожалению, этим устройствам присущи недостатки, вызванные прохождением большого тока через тело пациента во время процедуры. Для решения этой задачи были предложены адаптивные дефибрилляторы, которые за счет регистрации электрической активности сердца и применения специальных алгоритмов, учитывающих его ритмическую активность, позволяют снизить пропускаемый через тело пациента ток и, соответственно снизить негативное воздействие и повысить выживаемость пациента, что обуславливает актуальность разработки адаптивного дефибриллятора.

В ходе реализации проекта была разработана функциональная схема комплекса. Реализованы аппаратные блоки управления объектом и измерительного устройства биологических сигналов на основе автономных встраиваемых вычислительных модулей, разработано ПО для них. Встроенное ПО включает в себя алгоритмы анализа сигнала, работающие в режиме реального времени. В рамках разработки была создана целочисленная модель обработки сигнала, которая была адаптирована для 32-х разрядной системы, произведена оценка количества операций на одну точку сигнала. Для обеспечения, требуемого качества алгоритмов произведена процедура их синтеза [2]. Разработана методика тестирования комплекса с оценкой метрологических характеристик и параметрам надежности и помехозащищенности. Важной частью этого тестирования является проверка работоспособности на эквиваленте объекта с использованием международных баз данных сигналов (PHYSIONET). Так как результатом работы данного комплекса является проведения нескольких временно затратных экспериментов, то накопленный объем данных, необъятно большой для анализа его человеческими ресурсами, для устранения этой проблемы был разработан специализированный софт для статистического анализа данных. Так как комплекс предназначен для применения в области медицины, то на разработчика накладывается ряд требований по обеспечению безопасности и надежности данной техники. Для обеспечения специфических условий гарантии надежности и безопасной работы комплекса его компоненты реализованы, как независимые встраиваемые управляющие модули [3]. В состав комплекса входит:

1. регистратор биологических сигналов. Встраиваемая система на основе МК STM32 с системой командой ARM7. Измерительным трактом, которой является система на кристалле (Front end) ADS1298 – дельта сигма преобразователь, многоканальный синхронный с программируемой фильтрацией сигнала. Front-end связан через двунаправленный интерфейс SPI со скоростью передачи 18 Мбит/сек. STM32 осуществляет снятие, обработку, фильтрацию, детекцию QRS описанных ниже алгоритмов в их целочисленных вариантах, работает на чисто 72 МГц с производительностью 200 МИПС. С центральным компьютером

микроконтроллер связан по интерфейсу USB, который реализован по стандарту 2.0 с драйвером UsbLib. Данное решение является распространенным для подключения нестандартных устройств. Для правильного взаимодействия с этим устройством использовалась схема с 3 эндпоинтами. Эндпоинт с номерами 3 и 4 использовался для получения пакетов; эндпоит с номером 7 использовался для потоковой передачи данных. Аналогичные схемы применяются для цифровых камер;

2. электростимулятор. Встраиваемая система на ядре Cortex – M3 с тактовой частотой 48 МГц и операционной системой реального времени FreeRTOS. Был произведен анализ требований к периферийным устройствам: система должна поддерживать асинхронный интерфейс передачи данных (UART) для связи с персональным компьютером (ПК) и синхронный интерфейс передачи данных (SPI) для связи с управляемым источником тока, который позволяет генерировать импульсы тока, программируемой формы для электрической стимуляции сердца в широком диапазоне возбудимости. Analog Front End представляет собой управляемый с помощью цифрового-аналогового преобразователя (DAC) источник тока [4];
3. конфигуратор импульсов. Осуществляет непосредственную связь с электростимулятором. Должен обеспечивать проверку работоспособности электростимулятора посредством встроенной самодиагностики, а также имеет возможность проверки текущего режима работы и задания нового. Должен создавать «виртуальный компот» на устройстве сбора данных и поддерживать текущий протокол передачи данных. Основная особенность поддерживаемого протокола – это общение устройств с подтверждением принятого сообщения. Также за время проведения эксперимента должно производиться логирование с целью воспроизведения эксперимента;
4. *QRS* детектор. В электрокардиологии характерные точки на сигнале электрокардиограммы (ЭКГ) обозначаются буквами латинского алфавита *P, Q, R, S, T*, временные интервалы соответственно отображаются парами букв, например *RR, PQ*…. Основная часть сердечного сокращения называется *QRS*, где *R* – локальный максимум области, а *QS* – границы этого максимума. Для правильной интерпретации ЭКГ в нашей задаче достаточно выделить точно эти точки и замерить интервалы *RR* –между сердечными сокращениями, *QS* – ширина комплекса, стимул – *Q* интервал между стимуляцией и сердечным сокращением. С точки зрения вычислительной техники *QRS* это интервал от 80 до 200 мс, основанная энергия которого лежит в частотном диапазоне от 5 до 25 Гц и амплитудой от 0,3 до 5 мВ. Сложность их детекции обусловлена многообразием форм этого импульса, а также многообразием помех, формы и спектры которых могут перекрываться с сигналом ЭКГ, т.е. не подготовленному человеку их сложно отличить даже визуально. С помощью алгоритмов цифровой фильтрации и адаптивной детекции должны выявляться события на сигнале. Программа должна измерять *PQ, QT* и *RR* интервалы. А также выделять и удалять из общей выборки стимулы электростимулятора. Обеспечивать высокую чувствительность и специфичность проводимых тестов;
5. эквивалент. Эквивалент выполнен в соответствии с ГОСТ «Приборы для измерения биоэлектрический потенциалов сердца» и представляет собой две дифференциальные *RC* цепочки и резистор 100 Ом между ними, параллельно с резистором был подключен имитатор сигнала ЭКГ. Параллельно со стимуляцией сердца происходила запись электрического сигнала. Было проверено, что

комплекс работает на заданной нагрузке и способен подавать импульсы стимуляции, и анализировать сигнал (выделять *QRS*-комплекс) синхронно с ЭКГ источника. Впоследствии комплекс был передан для проведения медико-биологического эксперимента [5];

6. программа визуализации сигналов и управления проведения эксперимента. В ходе проведения экспериментов у исследователя возникает необходимость непрерывного контроля за состоянием объекта в режиме реального времени. Программа позволяет визуализировать до восьми сигналов с установкой необходимых масштабов и скоростей развертки. Источником сигнала является потоковое устройство, подключенное через USB-интерфейс. Аналогичная технология используется в современных цифровых осциллографах. Особенностью программы является прорисовка сигналов с тремя разными скоростями, которые соответствуют различным факторам изменений на сигнале, а также вывод метки событий и их тренды. При построении пользовательского интерфейса для удобства пользователя были учтены особые требования отраслевых стандартов, в частности ГОСТ «Изделия медицинские электрические»;
7. постобработка результатов. Важной частью эксперимента является последующий анализ снятых данных и оформление их для статей. Последующий анализ – сугубо специфическая задача и основан на работе с большим объемом записанных на эксперименте данных. На входе у обработчика результатов имеются файл с записанными электрическими сигналами, файл с выделенными событиями на сигнале и файл с перечнем рабочих режимов. На основе этих данных формируются выходные таблицы, которые подвергаются дальнейшему статистическому анализу методом x2;
8. инструментальная программа. Со стороны ПК разработана инструментальная программа, которая взаимодействуя с драйвером UsbLib, позволяет управлять внешними встраиваемыми модулями, устанавливать режим их работы, производить диагностику состояния, визуализировать поток сигналов и записывать их в файл данных для дальнейшей постобработки;
9. синхронизация устройств. В состав комплекса входит два независимых устройства. Каждое из этих устройств является независимым поставщиком сигналов, имеющим собственную временную синхронизацию. При использовании стандартных кварцевых генераторов возникает ошибка, которая определяется их точностью, обычно около 100 ppm, и температурная зависимость. Для устранения этой ошибки в системе применен алгоритм сведения сигналов с передискретизацией. Единым источником синхронизации является сигнал, заведенный по одному из каналов, в котором прерывания производятся с частотой 1 КГц. Производя внутренние выборки сигнала с удвоенной частотой, мы можем линейно аппроксимировать сигнал на единую базовую частоту. Таким образом, имея несколько независимых устройств, получается единый синхронный поток данных.

Таким образом, был разработан программно-аппаратный комплекс для проведения научных экспериментов в области современной электрофизиологии. Проведен анализ алгоритмов обработки электрокардиографических сигналов, и на их основе синтезирован принципиально новый алгоритм обнаружения стимулированных *QRS*-комплексов. В работе использованы современные средства разработки встроенных систем на системотехническом, алгоритмическом и аппаратном уровне. Разработка проведена с учетом отраслевых государственных стандартов обеспечения надежности и безопасности для медицинских изделий.

Литература

1. Brooks C.McC., Hoffman B.F., Suckling E.E., Orias O. Excitability of the heart. – N.Y.: Grune & Stratton, 1955. – 373 p.
2. Сато Ю. Без паники! Цифровая обработка сигналов / Пер. с яп. Т.Г. Сединой. – М.: Додэка-XXI, 2010. – 176 с.
3. ГОСТ 19687-89. Приборы для измерения биоэлектрических потенциалов сердца. Общие технические требования и методы испытаний. – Введен 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 19 с.
4. Кормилицын К.А., Гурьянов М.И. Генератор импульсов стабильного тока для электрической стимуляции сердца // Труды XI всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». – 2016. – Т. 11. – С. 560–561.
5. Кормилицын К.А. Программно-аппаратный комплекс для исследования методов стимуляции сердца // Сб. трудов VIII научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». – 2017. – С. 94–98.



Кузичкина Анастасия Олеговна
Год рождения: 1993
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: nastya.kuzichkina@gmail.com

УДК 004.4

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТРАССИРОВКИ СОБЫТИЙ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Кузичкина А.О.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Косяков М.С.

Современные приложения часто представляют собой сложные крупномасштабные распределенные системы. Такие системы состоят из различных программных компонентов, которые зачастую разрабатываются несколькими командами разработчиков, и могут быть развернуты на нескольких компьютерах [1]. Поверхностное понимание поведения параллельных и распределенных систем недостаточно для глубокого анализа и поиска причин проблем производительности. Большой класс систем для поиска проблем производительности приложений составляют системы профилирования. Специальные программы, профилировщики, предоставляют данные, по которым можно определить, на выполнение каких функций ушло больше всего времени [2]. Однако данных, полученных при профилировании, бывает недостаточно для выявления причин снижения производительности. Часто для того, чтобы обнаружить причину потери производительности системы, требуется отследить цепочку выполняющихся событий и проанализировать распределения временных задержек между этими событиями. Такую задачу позволяют решать системы трассировки приложений. Существующие системы трассировки имеют ряд недостатков:

1. зачастую они работают исключительно на транспортном уровне стека протоколов (X-Trace [3]);
2. не позволяют связать зависимые события между отдельными процессами (Magpie [4]);
3. не поддерживают возможности ветвления событий (Pinpoint [5]).

Целью работы является разработка метода трассировки событий, который поможет улучшить понимание поведения параллельных и распределенных систем и упростит поиск причин неудовлетворительной производительности этих систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. выбор модели для представления логической связи событий системы;
2. реализация связывания событий системы при различных условиях;
3. разработка системы трассировки событий в параллельных и распределенных системах;
4. оценка влияния системы трассировки на временные характеристики работы трассируемого приложения.

Поведение системы можно представить, как выполнение различных событий. Некоторые события связаны между собой логически, т.е. одно событие может являться причиной возникновения другого события или же может породить несколько других независимых событий, которые могут выполняться последовательно или параллельно. Для представления логической связи событий выбрана модель корневого дерева. Узлами дерева являются события системы. Каждый узел имеет свой уникальный идентификатор PET (от англ. Performance Event Tree Tracing) и идентификатор родителя. В качестве примера представлена схема дерева (рисунок). События *B* и *D*, изображенные на рисунке, являются взаимосвязанными, а события *E, F, G* – независимые и могут выполняться параллельно.

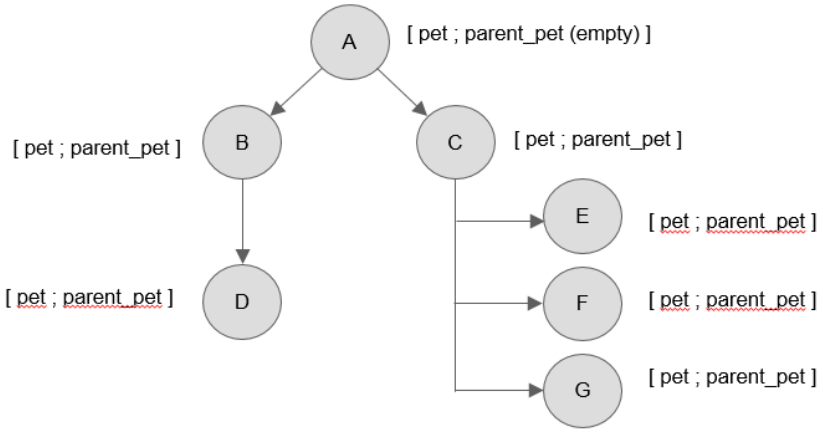


Рисунок. Схема дерева событий

На основе предложенной модели дерева разработана система трассировки. Чтобы отслеживать ход работы приложения, необходимо в коде приложения расставить специальные метки, которые будут вызываться при наступлении соответствующих событий. Используемый в системе трассировки механизм меток реализован в продукте LTTng компании EfficiOS.

Название метки имеет следующую структуру: «имя_сервиса:имя_метки», где под сервисом понимается компонент, в котором вызывается соответствующая метка. Для логического связывания меток между собой идентификатор последней вызванной метки передается в следующую метку. Следует отметить, что метки трассировки можно включать и выключать «на лету» для запущенной системы. Накладные расходы на вызов метки составляет порядка нескольких десятков наносекунд. Если метки выключены, они не влияют на работающее приложение.

Примеры реализаций связывания событий системы. Для реализации предлагаемого метода трассировки требуется передавать идентификатор события между потоками и процессами распределенной системы. Если после вызова метки происходит вызов асинхронной функции, т.е. происходит перекладка данных из одного потока в другой, нужно позаботиться о передаче идентификатора события в другой поток. В этом случае следует сохранить идентификатор в передаваемом объекте. В Листингах 1, 2.1 и 2.2 продемонстрирована реализация связывания меток, которые вызываются в разных потоках: service_name:dispatch_event -> service_name:process_event.

– Листинг 1. Структура кода, описывающая блок данных, передаваемый из одного потока в другой.

```
1.  class Event
2.  {
3.  ...
4.  public:
5.   types::UUID & get_pet()
6.   { return m_pet; }
7.
8.   void set_pet( types::UUID & pet)
9.   { m_pet = pet; }
10.
11. private:
12.  types::UUID m_pet;
13. ...
14. }
```

– Листинг 2.1. Функция, в которой вызывается метка перед передачей блока данных, извлеченного из полученного сообщения, в другой поток для обработки.

```
1.  void handle_request(Message & msg)
2.  {
3.   ...
4.   Event * event = get_event(msg);
5.
6.   TB_TRACEPOINT_PET(service_name, dispatch_event,
                        event->get_pet());
7.   get_high_prio_queue().dispatch_async(process_reqest ,
    event);
8.   ...
9.  }
```

– Листинг 2.2. Функция, в которой обрабатывается блок данных и вызывается соответствующая метка.

```
1. void process_request(Event * event)
2. {
3.  ...
4.  TB_TRACEPOINT_PET(service_name, process_event,
    event->get_pet());
5.  ...
6. }
```

В случае, когда один сервис пересылает сообщение другому сервису, для связывания меток в этих сервисах необходимо сохранить идентификатор события в сообщении перед отправкой. В Листингах 3 и 4 продемонстрирована реализация связывания меток, которые вызываются в разных процессах:

client:send_request -> server:received_request.

– Листинг 3. Функция клиента для отправки сообщения с запросом серверу и с вызовом соответствующей метки.

Client

```
1.  void send_data(Item & item, const types::UUID & pet)
2.  {
3.   ...
4.   Message msg;
5.   TB_TRACEPOINT_PET(client, send_request, pet);
6.   msg.set_pet(pet);
7.   item.send(msg);
8.   ...
9.  }
```

– Листинг 4. Функция сервера для обработки сообщения и с вызовом меток в соответствии с типом полученного сообщения.

Server

```
1.   bool handle(Message &message)
2.   { ...
3.    switch (message.get_type()) {
4.    case protocol::Request:
5.    TB_TRACEPOINT_PET(server, received_request,
    message.get_pet());
6.    break;
7.    case protocol::Ack:
8.    TB_TRACEPOINT_PET(server, received_ack,
    message.get_pet());
9.    break;
10.   default:
11.   break;
12.   };
13.  ...
14.  }
```

Управление процессом трассировки и анализ данных. Для запуска трассировки была реализована соответствующая утилита на языке Perl. В качестве входных параметров указываются процессы приложения, для которых запускается трассировка, и набор активируемых меток.

Данные трассировки представляют собой список вызванных в ходе работы приложения меток с идентификаторами и временем вызова. Для связывания событий, зафиксированных в ходе выполнения приложения, в деревья и расчета процентилей временных задержек между событиями на языке C++ реализован анализатор.

Таким образом, в работе разработан метод трассировки событий в параллельных и распределенных системах. Предложенная модель корневого дерева позволяет

представить логически связанные события системы и тем самым помогает понять сложное поведение распределенного приложения. Апробация предложенных подходов и разработанных инструментов проводилась на примере системы алгоритмической торговли Tbricks. Используемые LTTng метки трассировки для отслеживания выбранных событий системы можно включать и выключать «на лету» для работающего приложения, что позволяет снизить влияние трассировки на работу анализируемой системы. Продемонстрированы подходы реализации связывания событий в различных случаях. Для управления процессом трассировки и анализа полученных данных реализованы соответствующие утилиты. Применение предложенного метода трассировки событий позволяет проводить тщательный анализ работы параллельных и распределенных систем и существенно помогает при поиске причин проблем производительности в этих системах.

Литература

1. Косяков М.С. Введение в распределенные вычисления. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 155 с.
2. Gregg B. Systems Performance: Enterprise and the Cloud. – Upper Saddle River (New Jersey): Prentice Hall, 2013. – 729 p.
3. Fonseca R., Porter G., Katz R.H., Shenker S., Stoica I. X-Trace: A Pervasive Network Tracing Framework // Proceedings of the 4th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation. – 2007. – P. 271–284.
4. Barham P., Donnelly A., Isaacs R., Mortier R. Using Magpie for request extraction and workload modelling // Proceedings of the 6th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation. – 2004. – P. 259–272.
5. Chen M.Y., Accardi A., Kiciman E., Lloyd J., Patterson D., Fox A., Brewer E. Path-based failure and evolution management // Proceedings of the 1st USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation. – 2004. – P. 309–322.



Курганова Наталья Владимировна
Год рождения: 1991
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: nezabudka-91@mail.ru

УДК 637.146

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО ВЗБИТОГО ПРОДУКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЯКОТИ СЛИВЫ

Курганова Н.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Евстигнеева Т.Н.

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

Известно, что потребление кисломолочных продуктов способствует профилактике и лечению различных заболеваний, особенно желудочно-кишечного тракта. Их пищевая ценность обусловлена сбалансированностью алиментарных веществ, таких как белки, жиры, углеводы, а также минеральные соли и витамины.

Особой популярностью среди различных групп населения заслуженно пользуются кисломолочные десерты со взбитой структурой, однако их ассортимент недостаточно велик. Поэтому актуальны исследования, направленные на расширение ассортимента подобных продуктов за счет введения в их состав различных добавок и наполнителей, содержащих ряд нутриентов, важных для организма, а также использования заквасочной пробиотической микрофлоры [1, 2].

Большое распространение получило направление обогащения состава кисломолочных продуктов пищевыми волокнами, которые положительно влияют на организм человека. В качестве источника пищевых волокон определенный научный интерес представляет слива. Она выращивается в России повсеместно. Слива богата не только пищевыми волокнами, но также минеральными веществами и витаминами [3].

Цель работы – разработка рецептуры и технологии кисломолочного взбитого продукта с мякотью сливы.

В ходе проведения исследования следовало решить следующие задачи:

- изучить физико-химические показатели (ФХП) и органолептические показатели (ОЛП) сливы;
- подобрать способ подготовки фитокомпонента;
- выбрать объект для обогащения мякотью сливы;
- обосновать выбор подсластителя и стабилизатора, определить их рациональную дозу;
- разработать рецептуру десерта на молочной основе с применением сливы;
- отработать режимы технологического процесса производства взбитого десерта;
- изучить ФХП и ОЛП предлагаемого продукта;
- исследовать хранимоспособность молочного десерта;
- разработать проект технической документации на кисломолочный взбитый десерт с мякотью сливы.

Все исследования проводили со сливой сорта Этюд, выращенной в Ленинградской области. Плоды сливы мыли, освобождали от косточки и хранили в замороженном состоянии при температуре минус 12°С. Для проведения отдельных этапов работы плоды размораживали и измельчали на бытовом блендере до пюреобразного состояния.

На первом этапе исследования определены ФХП и ОЛП сливового пюре (табл. 1).

Таблица 1. ОЛП пюре сливы

Показатели	Характеристика
Цвет	Красно-коричневый
Вкус, запах	Кисло-сладкий, с выраженным вкусом и ароматом сливы
Консистенция	Однородная с включением мелких частиц оболочки
pH	2,6
Титруемая кислотность, %	9,1
Массовая доля сухих веществ, %	15,2
Массовая доля общего пектина, %, в том числе	0,9
протопектин	0,6
растворимый пектин	0,3
Степень этерификации осажденного пектина, %	19
Массовая доля витамина С, мг%	9,7

Сливовое пюре имеет низкое значение pH, поэтому его введение перед сквашиванием может повлечь за собой быстрое нарастание кислотности, что приведет к синерезису сгустка. Было принято решение вносить наполнитель в пастеризованном виде в сквашенную смесь. В связи с этим исследовали влияние тепловой обработки пюре сливы (пастеризация при температуре 85°С с выдержкой 30 с) на его ФХП (табл. 2).

Таблица 2. Влияние тепловой обработки на ФХП пюре сливы

Показатель	Сырое пюре	Пастеризованное пюре
pH	2,62	3,43
Общая относительная кислотность, %	9,1	8,5
Относительная вязкость, с	125	180

Отмечено, что тепловая обработка сливового пюре приводит к снижению его кислотности и повышению вязкости.

При подборе молочной основы в качестве базового объекта для приготовления десерта использовали: сметану с массовой долей жира 15%; йогурт с густой, вязкой консистенцией; ряженку; мягкий обезжиренный творог; обезжиренный творог с рассыпчатой консистенцией. В указанные продукты вносили предварительно измельченную сливовую мякоть в количестве 10%, проводили органолептическую оценку молочной основы с внесенным наполнителем по 5 балльной шкале. Результаты представлены на рис. 1.

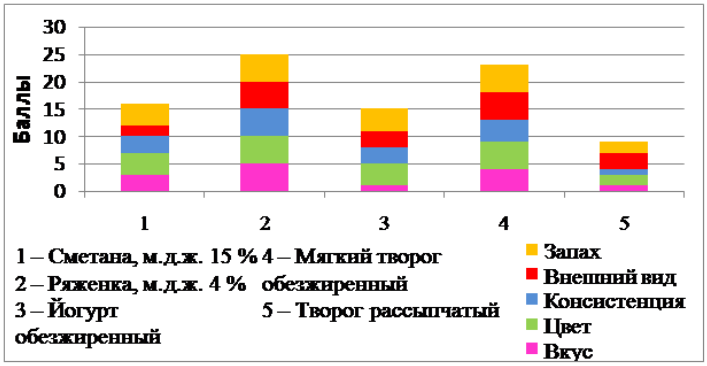


Рис. 1. Органолептическая оценка молочных продуктов с мякотью сливы

На основании органолептической оценки опытных образцов для последующего комплексного исследования по разработке рецептуры и технологии кисломолочных взбитых десертов со сливой выбрана ряженка.

При выборе дозы сливового пюре подготавливали опытные образцы ряженки с содержанием наполнителя в диапазоне от 4 до 20% (рис. 2).

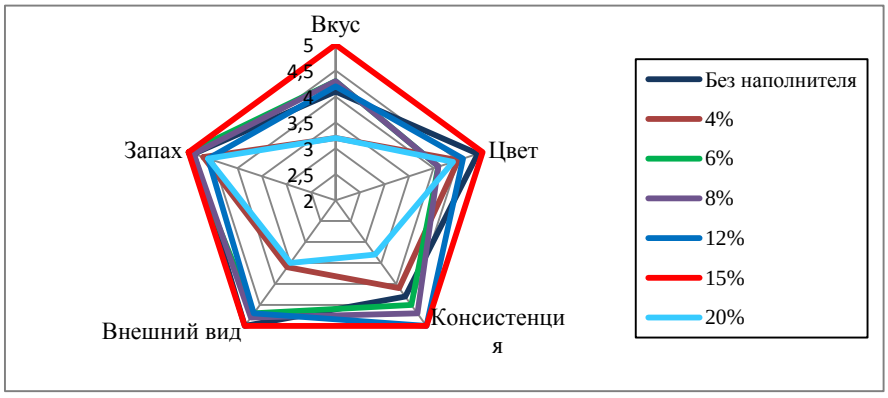


Рис. 2. Органолептическая оценка десерта с разной дозой сливового наполнителя

На основании органолептической оценки образцов профильным методом установлена доза внесения пюре в количестве 15%, она обеспечивает в продукте выраженный сливовый вкус и аромат, а также насыщенный цвет продукта.

Так как внесение сливового пюре в кисломолочную основу придает ей излишне кислый вкус, проводился подбор вида и дозы подсластителя. Были проведены сравнительные исследования продуктов с тремя видами подсластителя: стевиозит, мальтодекстрин, аспартам (табл. 3).

Таблица 3. Влияние дозы подсластителя на ОЛП

Показатель	Значимость	Концентрация								
		стевиозит			аспартам			мальтодекстрин		
		0,05	0,06	0,07	0,5	1,0	1,5	4,0	**5,0**	6,0
Консистенция	0,4	4,2	4,2	4,2	3,4	2,3	1,4	5,2	**5,0**	4,2
Степень горечи	0,2	3,3	2,2	1,3	4,9	4,8	5,0	4,1	**5,0**	4,8
Сладость	0,4	3,1	4,1	4,6	3,5	3,7	3,2	4,9	**5,0**	5,8
Всего баллов с учетом значимости	1	3,58	3,76	3,78	3,74	3,36	2,84	4,86	**5,0**	4,96

Наиболее высокую оценку получили образцы с мальтодекстрином в количестве 5%.

На следующем этапе работы подбирали стабилизатор для формирования взбитой структуры продукта. При производстве взбитых десертов хорошо зарекомендовали себя следующие стабилизаторы: модифицированный крахмал (2%), желатин (1%), гуаровая камедь (0,5%), а также комплексный стабилизатор хамульсион RABB (1%).

Опытные образцы подготавливали по разработанной рецептуре, сквашивали закваской для йогурта, охлаждали до температуры 0–2°С, а затем взбивали при скорости вращения сбивателя 12 тыс. об./мин в течение 2 мин. Консистенцию продуктов оценивали органолептически, по диаметру растекания и по взбитости. Данные представлены в табл. 4.

Таблица 4. ФХП и ОЛП десерта с различными стабилизаторами

Наименование стабилизатора	Органолептическая оценка	Диаметр растекания, мм	Взбитость, %
Контроль, без стабилизатора	Однородная, жидкая, излишнее пенообразование	80	53
Желатин, 1%	Неоднородная, желеобразная, не взбитая	60	13
Гуаровая камедь, 0,5%	Мажущаяся, слизистая	63	8
Крахмал модифицированный, 2%	Кашеобразная, неоднородная	45	28
Хамульсион, 1%	Пластичная, однородная, кремообразная, при взбивании пористая	40	35

На основании проведенных исследований сделан вывод, что наилучшими потребительскими свойствами обладал образец в случае применения хамульсиона в количестве 1%.

Изучали влияние продолжительности сбивания (при фиксированной скорости вращения сбивателя) на распределение пузырьков воздуха в продукте по количеству и размерам (рис. 3).

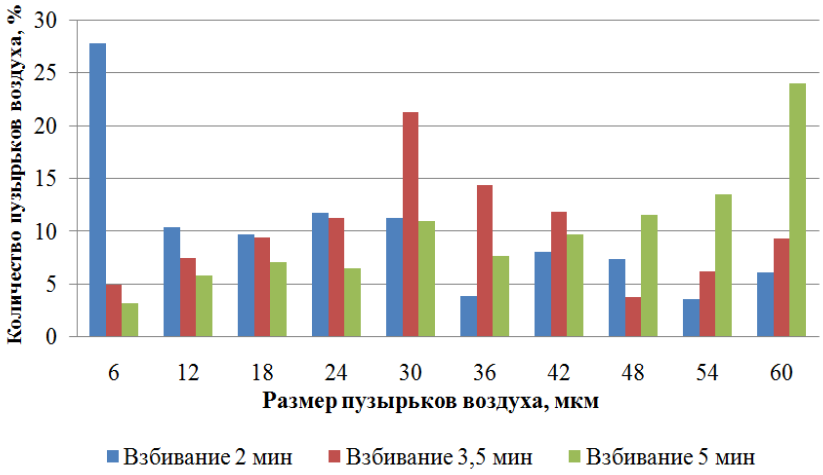


Рис. 3. Влияние продолжительности взбивания на дисперсность воздушной фазы

Излишне мелкие пузырьки способствуют плохой взбитости, пузырьки большего размера приводят к быстрому оседанию пены [4]. Из рис. 3 видно, что наиболее приемлемая продолжительность взбивания составила 3,5 мин, при которой наблюдается образование пузырьков среднего размера и равномерное распределение их по всему объему продукта.

Проводили оценку качества десерта при температурах в диапазоне от 5 до 20°С с целью разработки рекомендаций к употреблению десерта. Отмечено, что при повышении температуры увеличивается диаметр растекания образца, его консистенция разжижается. Продукт рекомендуется употреблять охлажденным.

Установлены сроки годности взбитого десерта – 5 суток. В процессе хранения продукта оценивали ФХП и ОЛП продукта, оценивали содержание бактерий группы кишечных палочек [5].

В результате работы разработана рецептура, отработаны параметры технологического процесса производства кисломолочного взбитого десерта с применением мякоти сливы, установлены сроки годности продукта, разработан проект технической документации на кисломолочный взбитый десерт.

Литература

1. Арсеньева Т.П., Баранова И.В. Основные вещества для обогащения продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 6–8.
2. Барановский А.Ю. Болезни нарушенного питания. Лечение и профилактика. Рекомендации профессора-гастроэнтеролога. – СПб.: Наука и Техника, 2007. – 304 с.
3. Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P., Cappelloni M. Modulation of antioxidant compounds in organic vsconventional fruit // J. Agric. Food Chem. – 2002. – V. 50. – № 19. – P. 5458–5462.
4. Остроумов Л.А., Просеков А.Ю. Классификация пен в пищевой промышленности // Хранение и переработка с/х сырья. – 2000. – № 12. – С. 9–10.
5. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.



Малинина Анна Валерьевна
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4201
Направление подготовки: 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: anna_malinina94@mail.ru

УДК 004.056.52

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АТАК ПРИ ЗАЩИТЕ СИСТЕМЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

Малинина А.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Щеглов А.Ю.

Данная работа посвящена исследованию уязвимостей информационных систем (ИС), а также оценке актуальности угроз атак, создающих потенциальную угрозу безопасности, в системных средствах и приложениях с целью защиты ИС от несанкционированного доступа (НСД). Одним из важных свойств ИС является возможность ее безопасной эксплуатации. В процессе эксплуатации ИС с определенными интенсивностями выявляются и устраняются уязвимости ее безопасности, которые имеют различную природу возникновения – это и архитектурные недостатки операционной системы и приложений, и ошибки программирования, и различного рода вирусы, и т.п. В настоящее время одним из широко распространенных методов НСД являются атаки на повышение привилегий [1–4].

Целью работы является оценка актуальности угрозы атаки, создающей потенциальную угрозу безопасности, в системных средствах и приложениях для защиты ИС от НСД. Разработанный метод математической модели позволит увеличить частоту обнаружения уязвимостей и предотвратить потенциально возможные атаки, использующие возникающие уязвимости.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. анализ существующих стандартов и методов оценки критичности уязвимостей;
2. исследование общего подхода к моделированию угроз атак, выявление его достоинств и недостатков;
3. определение основных характеристик угрозы атаки;
4. разработка математической модели угрозы атаки;
5. апробация разработанной математической модели на примере угрозы атаки на повышение привилегий.

Научная новизна работы состоит в получении объективной количественной оценки актуальности угрозы атаки без каких-либо экспертиз, которая позволяет сделать вывод о критичности рассматриваемой угрозы атаки для современных ИС. Такой метод будет способствовать построению безопасной системы с возможностью определять время выявления уязвимостей и не допускать появление таких уязвимостей в будущем.

В работе были рассмотрены основные стандарты уязвимостей. Уязвимости представляют собой подмножество дефектов, связанных с безопасностью.

Обнаруженные уязвимости раскрывают общественности, используя некоторые общие механизмы отчетности, доступные в этой области. Базы данных для уязвимостей поддерживаются несколькими организациями, такими как Национальная база данных уязвимостей (NVD), База данных уязвимостей с открытым исходным кодом (OSVDB), BugTraq, а также поставщики программного обеспечения. Уязвимостям присваиваются уникальные идентификаторы с использованием службы Common Vulnerability and Exposure (CVE).

Как относящиеся к одной из самой высокой степени критичности угрозы уязвимости в ИС, в данной работе были рассмотрены уязвимости, приводящие к атакам на повышение привилегий. Поскольку при успешно проведенной такой атаке, злоумышленник получает чуть ли не полный доступ ко всем данным и ресурсам ИС, что позволяет ему выполнить любые несанкционированные действия. Это может привести к компрометации системы, утере конфиденциальных данных пользователей системы и т.д.

Рассмотрев отчеты по использовавшимся уязвимостям на основании общего перечня безопасности (CWE) можно сделать вывод, что дефекты на повышение привилегий занимают не последнее место в рейтингах исследованных дефектов. Так, 29,8% описанных уязвимостей относятся к дефектам в категории «Разрешения, привилегии и контроль доступа» в Microsoft за 2016 год. По данным отчета о дефектах безопасности Oracle от портала infosec.cert-pa.it за 2016 год видно, что к дефектам в категории «Разрешения, привилегии и контроль доступа» относятся 6,2% уязвимостей данного типа. У Google же к данной категории относится максимальное количество уязвимостей. Следовательно, атаки на повышение привилегий являются одной из актуальнейших проблем. Таким образом, возникает необходимость разработки методов защиты от данного класса атак.

В работе также было проведено исследование возможных атак на повышение привилегий. Был исследован анализ выпущенных бюллетеней безопасности, с уязвимостями, приводящие к несанкционированному повышению привилегий за 2017 год. А также рассмотрены несколько конкретных атак, в которых используются различные подходы, применяемые злоумышленниками для повышения привилегий пользователя в системе. Исходя из рассмотренных примеров атак, использующих различные техники повышения привилегий пользователя в системе, была построена следующая схема проведения таких атак (рис. 1).

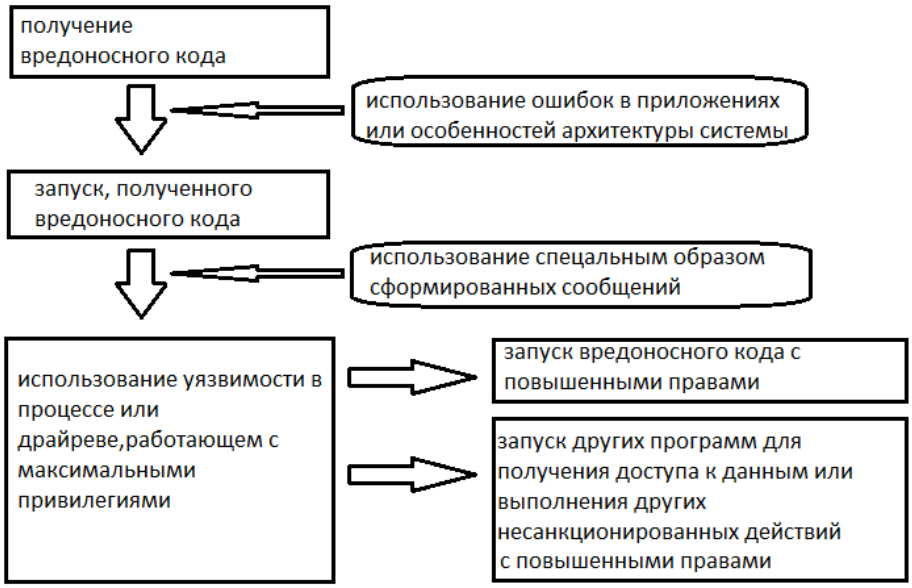


Рис. 1. Схема проведения атак на повышение привилегий

В данной работе было проведено моделирование с целью получения количественных оценок актуальности угроз уязвимостей, создаваемых ими угроз атак, угрозы безопасности ИС в целом, которая создается соответствующей совокупностью различных угроз атак, а также с целью моделирования оценки уровня безопасности ИС и системы защиты информации. Моделируется процесс возникновения и устранения в системе угроз безопасности с целью определения значений надежностных параметров и вероятностной и временных характеристик безопасности информации, т.е. моделируется надежностная мера актуальности угроз безопасности.

Для моделирования угроз атак была построена марковская модель угрозы атаки. Вершины графа – состояния системы. Дуги графа – возможные переходы из состояния в состояние. Размеченный (с указанием соответствующих интенсивностей) граф системы состояний случайного процесса, для рассматриваемой угрозы атаки приведен на рис. 2.

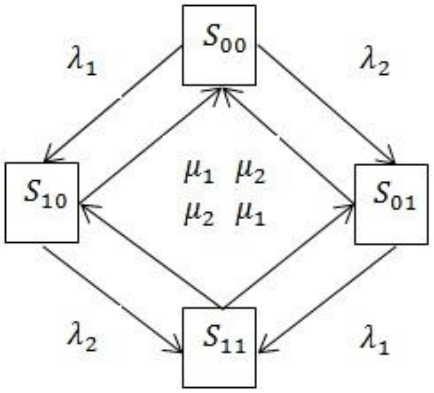


Рис. 2. Размеченный граф системы состояний случайного процесса угрозы атаки

Обозначив через P_{ij} вероятность нахождения системы в состоянии S_{ij}, можем для данной модели записать соответствующую систему дифференциальных уравнений Колмогорова для вероятностей состояний, которая для данного графа будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} P'_{00} = \mu_1 P_{10} + \mu_2 P_{01} - (\lambda_1 + \lambda_2) P_{00} \\ P'_{10} = \lambda_1 P_{00} + \mu_2 P_{11} - (\lambda_2 + \mu_1) P_{10} \\ P'_{01} = \lambda_2 P_{00} + \mu_1 P_{11} - (\lambda_1 + \mu_2) P_{01} \\ P'_{11} = \lambda_2 P_{10} + \lambda_1 P_{01} - (\mu_1 + \mu_2) P_{11} \end{cases}$$

используя которую, для стационарного (установившегося) режима функционирования системы (приравниваем производные нулю) получаем систему линейных алгебраических уравнений, описывающих стационарный (установившийся) режим:

$$\begin{cases} \mu_1 P_{10} + \mu_2 P_{01} = (\lambda_1 + \lambda_2) P_{00} \\ \lambda_1 P_{00} + \mu_2 P_{11} = (\lambda_2 + \mu_1) P_{10} \\ \lambda_2 P_{00} + \mu_1 P_{11} = (\lambda_1 + \mu_2) P_{01} \\ \lambda_2 P_{10} + \lambda_1 P_{01} = (\mu_1 + \mu_2) P_{11}, \end{cases}$$

решая которую, с учетом полной группы несовместных (одновременно система не может находиться в нескольких состояниях, а каком-либо одном должна, так как переходы между состояниями осуществляются мгновенно) событий, т.е., используя условие:

$$P_{00} + P_{01} + P_{10} + P_{11} = 1,$$

находим искомые стационарные вероятности состояний.

Расчет необходимых характеристик был осуществлен на моделировании атаки на повышение привилегий. Данная атака была реализована с помощью ранее неизвестных уязвимостей CVE-2015-3043 в Adobe Flash и CVE-2015-1701 в Windows. Пользователя отправляли по ссылке на зараженный сайт, где скрипт JavaScript с помощью уязвимости в Adobe Flash Player подгружал в компьютер исполняемый файл, который посредством уязвимости CVE-2015-1701 в Windows повышал привилегии и похищал ключи шифрования.

Угроза атаки создается двумя типами угроз уязвимостей реализации, с соответствующими их параметрами – интенсивностями возникновения и устранения уязвимостей. Выявив необходимые формулы для расчета соответствующих характеристик, было определено, что интенсивность потока случайных событий возникновения в системе реальных угроз атак составила:

$$\lambda_a = P_{10}\lambda_2 + P_{01}\lambda_1 = 4{,}84 \text{ год}^{-1},$$

а интенсивность устранения в системе реальных угроз атак:

$$\mu_a = \frac{P_{10}\lambda_2 + P_{01}\lambda_1}{P_{11}} = 40{,}3 \text{ год}^{-1}.$$

Среднее время восстановления безопасности ИС $T_{\text{вуа}}$ в отношении угрозы атаки составило 9 дней, а среднее время наработки на отказ безопасности ИС (восстанавливаемая система) в отношении угрозы атаки $T_{0\text{уа}}$ 64 дня.

Заключение. В результате работы были исследованы наиболее распространенные типы атак на повышение привилегий. Несмотря на небольшой процент таких атак в статистиках, данный класс атак, при их удачном проведении, предоставляет злоумышленнику практически полный контроль над системой. Это позволяет совершить злоумышленнику любые несанкционированные действия.

Также в работе была введена и обоснована количественная оценка актуальности уязвимости и атаки, использованная для определения перечня наиболее актуальных уязвимостей эксплуатационной информационной безопасности современной ИС.

Для расчета временных и надежностных характеристик угроз атаки, а также построения графа атаки были разработаны математические модели реальной угрозы атаки на повышение привилегий с учетом одновременного выполнения угроз уязвимостей, которые позволяют сделать вывод о крайней критичности рассматриваемой угрозы атаки для современных ИС. Поэтому необходимо нивелирование системой защиты информации соответствующих технологических уязвимостей с целью реализации защиты от угроз атак данного типа.

Литература

1. Саркисян С.А и др. Теория прогнозирования и принятия решений. – М.: Высшая школа, 1977. – 379 с.
2. Щеглов А.Ю., Щеглов К.А. Защита информации. Основы теории. Учебник. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 309 с.
3. Научно-методические рекомендации по вопросам диагностики социальных рисков и прогнозирования вызовов, угроз и социальных последствий. – М.: Российский государственный социальный университет, 2010. – 37 с.
4. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Подход к моделированию параметров и характеристик интегрированной информационно-эксплуатационной безопасности // Информационные технологии. – 2017. – Т. 23. – № 4. – С. 282–290.



Мелентьева Екатерина Анатольевна
Год рождения: 1993
Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № А4205
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: cat-casino8@yandex.ru

УДК 504.3.054

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ И ДРУГИМИ СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ ПО ДАННЫМ РЕГУЛЯРНОГО МОНИТОРИНГА И РЕЗУЛЬТАТАМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Мелентьева Е.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустиков Ю.А.

Атмосферный воздух нужен людям для нормальной жизнедеятельности. Поэтому от качества атмосферного воздуха зависит качество жизни и здоровья людей. Загрязняющие вещества попадают в атмосферный воздух вследствие выбросов антропогенных и естественных (природных) источников. Так как мы не можем увидеть загрязнения невооруженным взглядом, для оценки антропогенной нагрузки проводится постоянный инструментальный мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха. Данную функцию в нашей стране осуществляет государственная наблюдательная сеть мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха Росгидромета, территориальные системы мониторинга в субъектах РФ и локальные системы мониторинга промышленных предприятий. Но для того, чтобы более детально изучать некоторые процессы, происходящие в атмосфере, есть необходимость проводить дополнительные исследования.

Целью работы является выявление источников загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями и другими специфическими примесями по данным регулярного мониторинга и результатам специализированных измерений. Задачи, которые необходимо было решить в ходе данной работы:

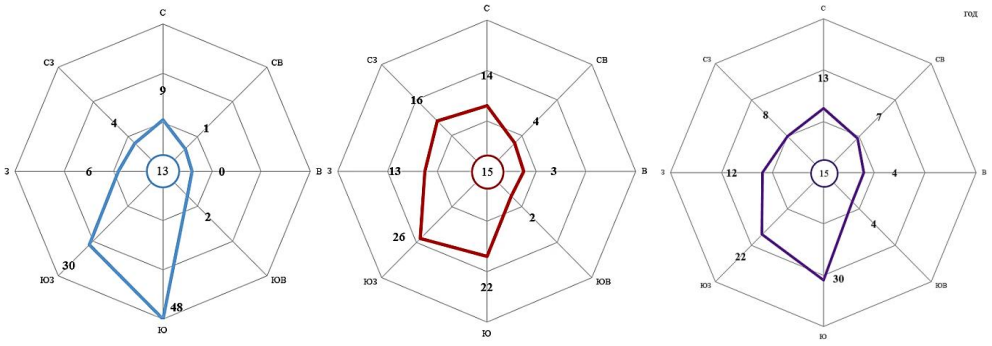
- изучить проблему по литературным источникам и нормативным документам в области контроля состояния и загрязнения атмосферного воздуха;
- определить уровень загрязнения сероводородом вблизи локального источника выбросов в Санкт-Петербурге;
- выявить источники загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями на основе статистического анализа данных регулярных наблюдений на стационарных станциях в городе Стерлитамак;
- осуществить сравнительный анализ данных о загрязнении атмосферного воздуха сероводородом и аммиаком, полученных разными методами измерений, на стационарной станции в Санкт-Петербурге.

Качество воздуха в условиях города формируется в результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов. Загрязняющие вещества поступают в атмосферу от различных источников таких, например, как промышленность, транспорт, строительство. При попадании загрязняющих веществ в атмосферу могут протекать различные реакции с образованием еще более опасных и

вредных веществ, а на распределение загрязнителей в атмосфере оказывают большое влияние метеорологические параметры.

В России мониторинг осуществляется в 249 городах на 688 станциях государственной наблюдательной сети [1]. Информация о состоянии и загрязнении атмосферного воздуха, динамике и тенденциях изменений уровня загрязнения воздуха представляется в Ежегодниках. Однако Государственная наблюдательная сеть не решает задачу выявления источников выбросов вредных веществ. Поэтому для более детального изучения происходящих процессов в атмосферном воздухе под влиянием выбросов загрязняющих веществ необходимо проводить дополнительные исследования.

Для определения уровня загрязнения сероводородом атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге было проведено исследование в Выборгском районе на пересечении улиц Карбышева и Политехнической в районе предполагаемого локального источника загрязнения – открытого коллектора Водоканала, который находился на ремонте. Была составлена программа экспериментальных работ, которая включала в себя проведение измерений концентраций сероводорода на протяжении трех недель, отборы проб проводились 5 дней при определенных метеорологических условиях, способствовавших как накоплению, так и рассеиванию примеси. В каждый из этих дней проводилось три измерения в разных точках, на расстоянии 50, 100, 150 и 200 м от предполагаемого источника. Пробы воздуха отбирались в специальное пробоотборное устройство вакуумная камера Scentroid SB10. Анализ проб проводился в лаборатории с использованием газоанализатора Teledyne T101 (свидетельство о поверке №242/10032-2015; диапазон измерений: 0–4,1 мг/м^3; ±δ=21%). В результате данного исследования были получены важные практические выводы. Установлено превышение предельно допустимой концентрации сероводорода на протяжении трех дней и составлены протоколы количественного химического анализа (КХА). На основе анализа измерительной информации выявлен источник загрязнения сероводородом и оценен вклад источников данного типа в уровень загрязнения воздуха городов.



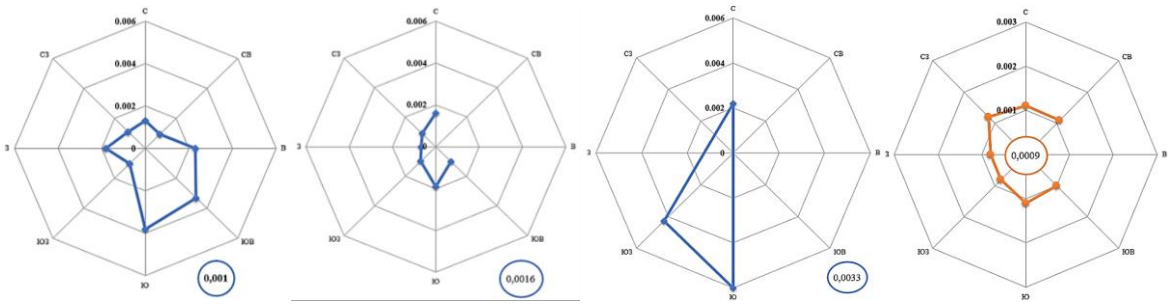
а б в

Рис. 1. Повторяемость, %, направления ветра и штилей за: январь (а), июль (б) и за 2015 год в Стерлитамаке (в)

Далее проводилось исследование по выявлению источников загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями по данным регулярных наблюдений на стационарных станциях в городе Стерлитамак, с использованием методов статистической обработки данных измерений. Город Стерлитамак находится в европейской части России в республики Башкортостан. Население города составляет примерно 300 тысяч человек. В Стерлитамаке находится много предприятий самых разных отраслей, среди которых присутствуют предприятия химической и нефтехимической промышленности. Город находится в зоне высокого ПЗА [2], т.е.

неблагоприятных условий рассеивания примесей, поступающих от источников выбросов. Сеть мониторинга города Стерлитамак насчитывает 5 стационарных станций. Концентрации сероводорода регистрируют только на стационарной станции №2. Для сравнительного анализа загрязнения атмосферного воздуха сернистым ангидридом использовались данные со станций №1 и №4. В результате обработки данных наблюдений были построены розы ветров (рис. 1) и проведен анализ связи наблюдаемых уровней загрязнения атмосферного воздуха с ветровым режимом.

Далее были построены диаграммы распределения средних значений концентраций загрязняющих веществ (рис. 2) на каждой станции за год по каждому направлению ветра. В круге указаны средние значения концентраций загрязняющих веществ при штиле.



а б в г

Рис. 2. Диаграммы распределения средних значений концентраций загрязняющих веществ на каждой станции за год по каждому направлению ветра SO_2, мг/м^3, за год на станции №1 (а); №2 (б); №4 (в) и H_2S, мг/м^3, за год на станции №2 (в)

При анализе данных со стационарных станций №1, 2 и 4, а также построенных графиков с изображением роз концентраций, наблюдается явная зависимость величины концентраций загрязнителя от направления ветра. Опираясь на данную зависимость, становится возможным определение источников загрязнения атмосферного воздуха сернистым ангидридом и сероводородом. Предполагаемые источники загрязнения являются предприятия строительной, химической, пищевой промышленностей и водоканал. Однако стоит отметить то, что выявленные источники являются лишь предположительными, так как для более точных выводов необходимо больше данных для анализа.

Далее проводился анализ данных о загрязнении атмосферного воздуха сероводородом и аммиаком полученных разными способами в Санкт-Петербурге. Для данного исследования был разработан план измерений, который включает в себя проведение в полевых условиях, на стационарной станции №7 ФГБУ «Северо-Западное УГМС», расположенной на 23 линии Васильевского острова, параллельных измерений в течение трех недель. Было получено 10 синхронных измерений концентраций в дневной срок в 13:00, с осреднением 20 мин. В таблице представлены результаты анализа данных синхронных измерений со стационарной станции №7 (Y) с помощью методик измерений массовых концентраций сероводорода и аммиака и с помощью газоанализатора ГАНК-4 (X).

Таблица. Обработка результатов измерений с целью оценки сопоставимости данных проведенных измерений

Номер измерения	$X_{i(\mathrm{H2S})}$	$Y_{i(\mathrm{H2S})}$	$X_{i(\mathrm{NH3})}$	$Y_{i(\mathrm{NH3})}$
1	0,0004	0,002	0,07	0,01
2	0,0024	0	0,03	0,02

Номер измерения	$X_{i(H2S)}$	$Y_{i(H2S)}$	$X_{i(NH3)}$	$Y_{i(NH3)}$
3	0,0017	0,002	0,03	0,02
4	0,0020	0	0,01	0,01
5	0,0028	0,002	0,01	0,02
6	0,0027	0,002	0,01	0,03
7	0,0019	0	0,04	0,02
8	0,0026	0	0,01	0,02
9	0,0021	0	0	0,04
10	0,0017	0	0,02	0,05
Количество измерений, N	10	10	10	10
Среднее	$X_{C.P.(H2S)}$= =0,0020	$Y_{C.P.(H2S)}$=0,0008	$X_{C.P.(NH3)}$=0,023	$Y_{C.P.(NH3)}$=0,024
Стандартное отклонение	$СКО_{X(H2S)}$= =0,0007	$СКО_{Y(H2S)}$=0,001	$СКО_{X(NH3)}$= =0,021	$СКО_{Y(NH3)}$=0,013
Дисперсия	$D_{X(H2S)}$= =0,0000005	$D_{Y(H2S)}$= =0,000001	$D_{X(NH3)}$=0,0004	$D_{Y(NH3)}$=0,0002
Максимум	$X_{макс(H2S)}$= =0,0028	$Y_{макс(H2S)}$=0,002	$X_{макс(NH3)}$=0,07	$Y_{макс(NH3)}$=0,05

В результате проведения обработки результатов измерений в целях оценки сопоставимости было выявлено, что ряды анализируемых данных измерений концентраций сероводорода и аммиака не имеют сходимости. Однако одной из причин не сходимости рядов может являться низкий уровень загрязнения воздуха сероводородом и аммиаком в районе проведения наблюдений. Поэтому необходимо проведение измерений в лабораторных условиях с использованием поверочных газовых смесей.

В данной работе были получены следующие результаты: изучены литературные источники и нормативные документы в области мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха. При проведении экспериментального исследования по определению уровня загрязнения H_2S вблизи локального источника выбросов в Выборгском районе Санкт-Петербурга, выявлен источник загрязнения – коллектор водоканала, составлены протоколы КХА, оценен вклад источников данного типа в уровень загрязнения воздуха в городах. Выявлены основные источники загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями по данным регулярных наблюдений на стационарных станциях в городе Стерлитамак. Выполнена серия экспериментальных измерений газоанализатором ГАНК. Проведена оценка сопоставимости данных о загрязнении атмосферного воздуха сероводородом и аммиаком, полученных разными методами измерений в Санкт-Петербурге. Выявлено, что ряды анализируемых данных измерений концентраций H_2S и NH_3 не имеют сопоставимости.

Литература

1. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России» за 2015 год. – СПб.: ФБГУ «ГГО» Росгидромета, 2016. – 254 с.
2. Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха на территории деятельности ФГБУ «Башкирское УГМС» за 2014 год. – Уфа, 2015. – 76 с.



Молева Мария Александровна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности, группа № А4232
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
e-mail: masyam93@mail.ru

УДК 338.04+504.06

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НДТ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БОЛЕЕ ЧИСТОГО ПРОИЗВОДСТВА

Молева М.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

В современных рыночных условиях залогом успешного производства продуктов питания является не только их высокое качество, отличные вкусовые свойства, но и безопасность для потребителя. Выпуск высококачественной пищевой продукции зависит от многих факторов: показателей качества сырья и материалов, соблюдения технологии переработки и, в значительной степени, от санитарно-гигиенического состояния производства. При нарушении норм и правил проведения санитарно-гигиенических мероприятий на пищевом производстве создаются условия для быстрой порчи основного сырья и продукции, что может нанести вред здоровью, привести к экономическому ущербу и, как следствие, потере имиджа предприятия.

Соблюдение требований санитарной гигиены требует проведение своевременной очистки и мойки технологического оборудования, инвентаря и помещений, что, в свою очередь, приводит к значительному потреблению воды и моющих средств, и увеличению себестоимости продукции. В связи с этим возникает необходимость обоснованного выбора технологий мойки, соответствующих принципам наилучших доступных технологий (НДТ).

На предприятиях хлебопекарной промышленности с большими производственными площадями, широким спектром оборудования и высокими требованиями к санитарии существует проблема качественной мойки оборудования, сокращения трудозатрат и экономии моющих средств. Сокращение водопотребления и расхода моющих средств согласно принципам экологически более чистого производства (ЧП) обеспечивает предприятиям большую экономию за счет снижения себестоимости продукции, минимизирует риски нарушения экологического законодательства.

В настоящее время в Российской Федерации разрабатывается информационно-технический справочник по НДТ для пищевой отрасли. Издание справочника запланировано на конец 2017 года. Как показывает анализ информации, которую в настоящее время собирают от пищевых предприятий, разработчики справочника не рассматривают процесс мойки среди технологических операций производств. Вместе с тем, в европейском справочнике по НДТ «Производство пищевых продуктов, напитков и молока», разработанном в 2006 г., процесс мойки был рассмотрен для целого ряда пищевых предприятий. В новой редакции данного справочника 2017 г. акцент на НДТ мойки сделан при рассмотрении каждой из пищевых отраслей [1].

В работе рассматриваются методические аспекты выбора НДТ для мойки оборудования и инвентаря на хлебопекарных предприятиях.

Для определения НДТ необходимо выбрать такую технологию или технические меры, или управленческие решения, которые являются наиболее действенными для достижения общего высокого уровня охраны окружающей среды.

Для определения наилучших технологий в РФ используется ступенчатый логический подход (рис. 1), который представлен в стандарте ГОСТ Р 54097-2010 [2].

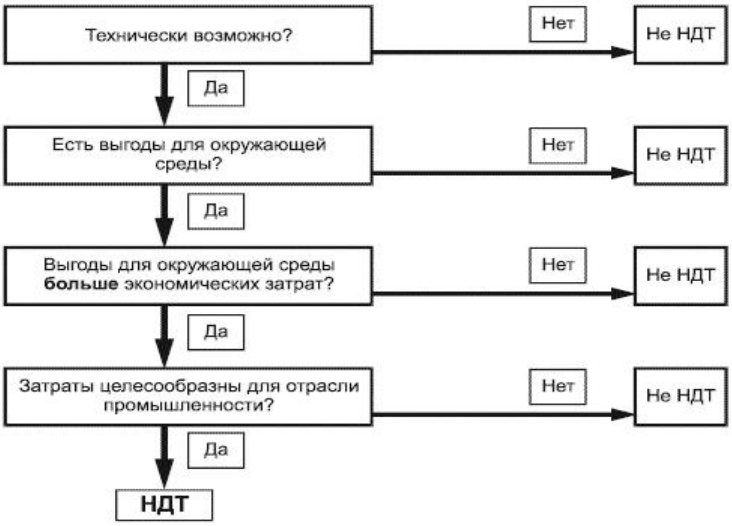


Рис. 1. Логический подход для принятия решения по НДТ

Стратегия НДТ является прямым результатом исследований и опыта, связанного с разработкой принципов ЧП, главный из которых – предотвращение загрязнений в источнике образования, в «начале трубы». Процедура ЧП представлена на рис. 2 [3].

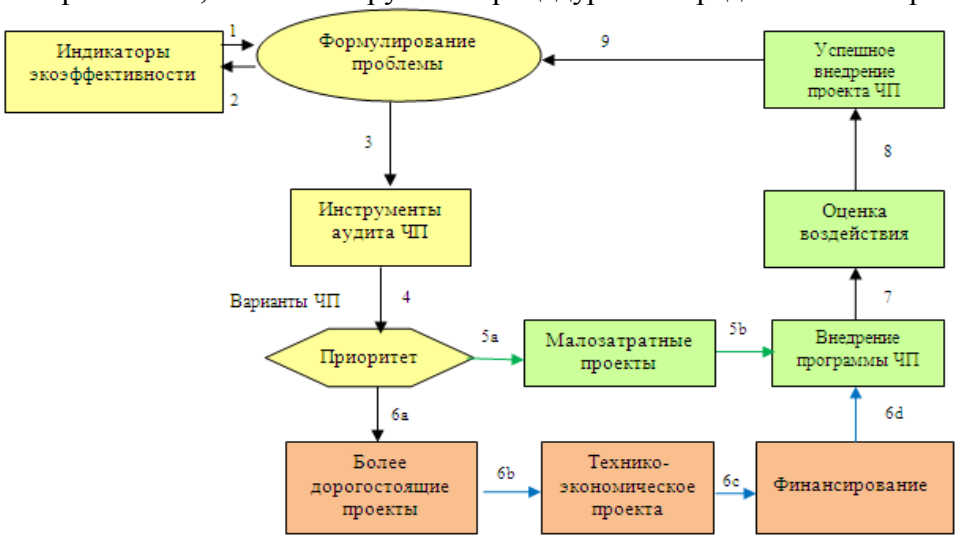


Рис. 2. ЧП как систематический процесс (цит. по [3] с дополнениями автора)

Мойка оборудования и инвентаря в хлебопекарных предприятиях является одним из экологически неэффективных процессов. Как правило, в процессе мойки потребляется неконтролируемый расход воды и моющих средств, дозируемых вручную, затрачивается большое количество времени и трудовых ресурсов.

По данным предприятия был рассчитан расход воды на различные технологические процессы. При суточной производительности 28 т хлеба, общее водопотребление составит 112 м^3. При этом на мойку оборудования и хлебных лотков расход составит 19 м^3.

С учетом рекомендаций, предложенных в европейском справочнике и на основе алгоритма «Логический подход к выбору НДТ» по ГОСТ Р 54097-2010 [2], был сделан анализ вариантов технологий мойки пищевого оборудования и выбраны технологии, подходящие для хлебопекарного предприятия. Анализ вариантов технологий мойки представлен в таблице.

Таблица. Анализ вариантов технологий мойки пищевого оборудования

Технология мойки	Технически возможно	Есть выгоды для окружающей среды	Выгоды для окружающей среды больше экономических затрат	Затраты целесообразны	НДТ
Сухая зачистка оборудования	Да	Да	Да	Да	НДТ
Предварительное замачивание и очистка оборудования для уменьшения загрязнения перед мойкой	Да	Да	Да	Да	НДТ
Предварительная внутренняя очистка труб скребками	Нет	Да	Да	Да	
Удаление остаточных количеств материалов из трубопровода с помощью сжатого воздуха перед мойкой или переналадкой на обработку другого материала	Нет	Да	Да	Да	
Регулирование подачи воды, энергии и моющих средств	Да	Да	Да	Да	НДТ
Подбор моющих шлангов с ручным пусковым устройством	Да	Да	Да	Да	НДТ
Мойка под высоким давлением	Да	Да	Да	Да	НДТ
Мойка пеной под давлением	Да	Да	Да	Да	НДТ
Мойка гелями	Да	Да	Да	Да	НДТ
CIP-мойка	Нет	Нет	Нет	Нет	

При рассмотрении вариантов модернизации процессов мойки пищевого оборудования (таблица) были выбраны технологии, относящиеся к НДТ. Применение метода АВС-анализа позволяет классифицировать проекты по степени их важности и затратности.

Категория А – категория, которая требует немедленного внедрения и не несет затрат:

– сухая зачистка оборудования и установок;

– предварительное замачивание и очистка оборудования для уменьшения загрязнения перед мойкой;
– учет расхода энергии, воды и моющих средств;
– подбор моющих шлангов с ручным пусковым устройством.

Категория В – проекты, требующие незначительных инвестиций I_0<250 тыс. дол. США:

– мойка под давлением; например, универсальные моечные машины типа JEROS 9117, Дания для мойки деж, миксеров, ведер, противней и другого инвентаря при средних и небольших объемах производства;
– мойка пеной. Например, пенный комплекс для обеспечения промывки емкостей и крупногабаритного оборудования, а также для мойки столов, стен и полов в цехах предприятия.

В работе определены экономические затраты и эколого-экономический эффект от предложенных мероприятий по повышению экоэффективности.

Установка универсальной моечной машины позволит [4]:

– улучшить условия труда, так как взаимодействие человека с опасными химическими моющими реагентами будет сведено к минимуму;
– сократить водопотребление и водоотведение на 14%.

В связи с определенными показателями экономической эффективности, можно сделать вывод, что проект рентабелен и рекомендован к внедрению.

Установка пенного комплекса позволит сократить потребление моющих средств в 5 раз [5].

Снижение потребления водных и сырьевых ресурсов ведет к уменьшению нежелательной антропогенной нагрузки на окружающую среду, а также к улучшению экологической обстановки в целом.

Поскольку в процессе мойки затрачивается большое количество сырьевых и водных ресурсов, образуется большое количество загрязненных сточных вод, применение НДТ будет способствовать их сокращению и снижению негативного воздействия на ОС, можно рекомендовать включение НДТ мойки в разрабатываемый в нашей стране в настоящее время «Информационно-технический справочник по НДТ. Производство продуктов питания».

Литература

1. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/fdm_bref_0806.pdf, своб.
2. ГОСТ Р 54097-2010. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. – Введен 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
3. Руководство по применению инструментов более чистого производства Алматы, Республика Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docplayer.ru/102233-Rukovodstvo-po-primeneniyu-instrumentov-bolee-chistogo-proizvodstva.html, своб.
4. Преимущества универсальных машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ivs-technology.ru/equipment/hobart_numafa/hobart/hobart_ux/, своб.
5. Григорьева З.В., Глазова Н.В. Пенная технология очистки – эффективное решение многих проблем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gryazi.net/wp-content/uploads/2011/11/0091.pdf, своб.



Николаев Алексей Дмитриевич
Год рождения: 1990
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4277
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: senatorfirst1@gmail.com

УДК 621.9.025.728.78:621.914.22:621.9-05:621.9.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ И СОВМЕЩЕНИЯ ЧЕРНОВОЙ И ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЛАВА АМГ6

Николаев А.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Помпеев К.П.

Каждое предприятие, занимающееся металлообработкой, сталкивается с рядом проблем при выборе нового инструмента. Особенно острым является вопрос, связанный с минимальным расходом инструмента при выполнении максимального количества операций. Подобные результаты, возможно, достичь при совмещении операций обработок. Например, применить всего один инструмент для черновой и чистовой обработки. Так же стоит отметить, что при подобном совмещении, число занимаемых инструментом ячеек в станке заметно сокращается, это в свою очередь позволяет применять большее количество инструмента для выполнения дополнительных операций, сократить общее время на изготовление изделия, увеличить номенклатуру выпускаемой продукции.

Выбранная тема позволяет провести исследования, связанные с совмещением операций обработок и исследования, связанные с износостойкостью инструмента при совмещении.

Проблема, которая исследуется в работе – это выбор инструмента, при помощи которого будет возможным полное совмещение обработок при малом расходе инструмента – высокой износостойкости.

Целью работы является исследование влияния концевых твердосплавных фрез на обрабатываемую поверхность при совмещении черновой и чистовой обработок на деталях из алюминиевого деформируемого сплава АМг6.

Задачи включают в себя:

- исследование рынка производителей металлорежущего инструмента, выявление тех производителей, инструмент которых будет доступен для исследований;
- анализ производителей, чей инструмент будет лежать в близкой ценовой категории; анализ ассортимента производителей;
- экспертный анализ по продолжительности работы инструмента с концентрацией внимания на инструменте, показатели которого по экспертному мнению выше других; изучение геометрических свойств инструмента;
- выбор металлообрабатывающего и измерительного оборудования;
- расчет режимов резания; проведение эксперимента;
- анализ диаметров инструмента; анализ параметров шероховатости обработанной поверхности;
- анализ финансовых расходов;
- выработка рекомендаций по выбору инструмента для фрезерования заготовок из алюминиевого сплава АМг6, позволяющего совмещать их черновую и чистовую обработку одним инструментом.

Основной задачей анализа, является исследование стойкости работы цельных концевых твердосплавных фрез различных производителей при обработке алюминиевого деформируемого сплава АМг6. Для проведения экспертного анализа были выбраны цельные концевые твердосплавные фрезы следующих производителей металлорежущего инструмента:

– Sandvik Coromant;
– Pramet;
– Kendu;
– Osawa;
– СКИФ-М.

Материал, на котором проводились исследования: алюминиевый деформируемый сплав АМг6 ГОСТ 4784-97.

После проведения механической обработки был выполнен экспертный анализ общего времени работы фрез при заявленных производителями режимах резания по обработке алюминиевого деформируемого сплава АМг6 ГОСТ 4784-97, качества (получаемого состояния) обработанных поверхностей и приобретаемого состояния режущих кромок (износ, наличие сколов, выкрашиваний и наростов) фрез, которые предварительно были разбиты по диаметру на три диапазона: 1–3 мм, 4–10 мм и свыше 10 мм. Экспертный анализ показал, что изменение стойкости фрез связано с диапазоном их диаметров. При переходе от диапазона с меньшими диаметрами фрез к диапазону с большими диаметрами их стойкость и получаемое качество поверхности ухудшаются [1].

В качестве экспертов выступила группа из четырех наладчиков и четырех операторов станков с числовым программным управлением.

На основании проведенного анализа были выбраны следующие зарубежные производители инструмента для последующих экспериментов:

– Sandvik Coromant;
– Kendu.

На выбор инструмента повлияли не только результаты экспертного анализа, но и ценовой диапазон, геометрические характеристики, доступность. На сегодняшний день не весь исследуемый инструмент можно свободно приобрести, что сказывается на его цене и времени поставки. Некоторые производители не занимаются поставкой инструмента в единичных экземплярах, что приводит к полной его недоступности.

В качестве аналогичного импортному производителю, был рассмотрен вариант приобретения и проведения эксперимента с известным отечественным производителем металлорежущего инструмента СКИФ-М.

Изначально, для проведения эксперимента были выбраны фрезы схожей конструкции, для более наглядного сравнения их стойкости и качества обрабатываемых поверхностей при рекомендованных режимах резания для алюминиевого деформируемого сплава АМг6 ГОСТ 4784-97.

Весь выбранный инструмент, имеет одинаковый диаметр хвостовика и режущей части, равный 12 мм. Но также имеется:

1. различие в сплавах инструмента:
   – Sandvik 12030-AC22P – Сплав GC1020;
   – СКИФ-М A-ASF212 – Марка сплава HCN10;
   – Kendu UniKenCut 3200.57 – HM-SM Субмикрозерно;
2. схожесть в длинах инструмента:
   – Sandvik 12030-AC22P – 83 мм;
   – СКИФ-М A-ASF212 – 83 мм;
   – Kendu UniKenCut 3200.57 – 83 мм;
3. различие либо схожесть в длинах режущей части инструмента:

- Sandvik 12030-AC22P – 22 мм;
- СКИФ-М A-ASF212 – 26 мм;
- Kendu UniKenCut 3200.57 – 26 мм;

4. различие либо схожесть в углах подъема винтовой канавки:
   - Sandvik 12030-AC22P – 30°;
   - СКИФ-М A-ASF212 – 45°;
   - Kendu UniKenCut 3200.57 – 30°.

Сравнительный анализ конструкции показал, что фреза Sandvik 12030-AC22P, фреза СКИФ-М A-ASF212 и фреза Kendu UniKenCut 3200.57 имеют общую длину инструмента равную 83 мм. Фреза СКИФ-М A-ASF212 и фреза Kendu UniKenCut 3200.57 имеют общую длину режущей кромки инструмента, равную 26 мм. Фреза Sandvik 12030-AC22P и фреза Kendu UniKenCut 3200.57 имеют одинаковый угол подъема винтовой канавки равный 30° [2–4].

Больше схожих параметров не выявлено.

Для обработки алюминиевого деформируемого сплава АМг6 производители рекомендуют следующие режимы резания:

1. скорость резания:
   - Sandvik 12030-AC22P – V_c=1000 м/мин;
   - СКИФ-М A-ASF212 – V_c=1300 м/мин;
   - Kendu UniKenCut 3200.57 – V_c=1200 м/мин;
2. подача на зуб:
   - Sandvik 12030-AC22P – f_z=0,08–0,13 мм;
   - СКИФ-М A-ASF212 – f_z=0,041–0,093 мм;
   - Kendu UniKenCut 3200.57 – f_z=0,074–0,093 мм.

Сравнительный анализ рекомендованных режимов резания показал, что все выбранные фрезы имеют среднюю схожую характеристику параметра «подача на зуб f_z» [2–4]. Весь инструмент находится в диапазоне

f_z=0,08–0,093 мм/зуб.

Для проведения эксперимента было выбрано наиболее подходящее металлообрабатывающее оборудование из имеющегося на предприятии: вертикально-фрезерный станок с ЧПУ EXTRON M422. Замер инструмента на длину и диаметр проводился при помощи датчика для наладки инструмента Renishaw TS27R. Измерения параметров шероховатости поверхности проводились на профилометре HOMMEL-TESTER T8000.

На рисунке представлена схема проведения опытов, связанных с обработкой планок первичного и вторичного замеров, а также обработкой заготовки для удаления материала.

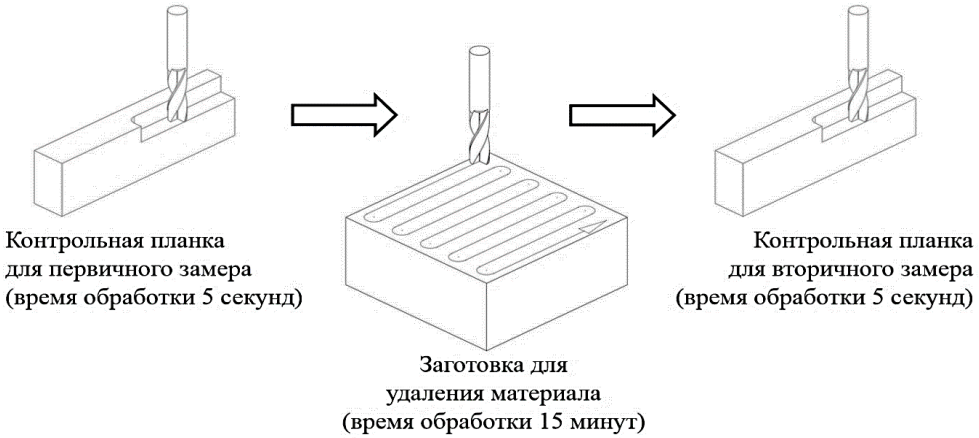


Рисунок. Схема проведения опытов

В табл. 1 представлены данные по износу инструмента, который определялся разницей диаметров исследуемых фрез, определенных в ходе первичного и вторичного замеров.

Таблица 1. Данные о замерах диаметров исследуемых фрез и об их износе

№	Наименование производителя и инструмент	Первичный замер, мм	Вторичный замер, мм	Износ, мм
1	Sandvik 12030-AC22P, Ø12 мм	Ø12,018	Ø12,008	0,010
2	Kendu UniKenCut 3200.57, Ø12 мм	Ø11,984	Ø11,968	0,016
3	СКИФ-М A-ASF212, Ø12 мм	Ø12,040	Ø12,020	0,020

В табл. 2 представлены сводные данные по шероховатости измеренных поверхностей обработанных образцов.

Таблица 2. Сводные данные замеров шероховатости поверхностей

№ п.п. и производитель инструмента		Первичный замер				Вторичный замер			
		Ra, мкм	*Rz*, мкм	*Rt*, мкм	*Rq*, мкм	*Ra*, мкм	*Rz*, мкм	*Rt*, мкм	*Rq*, мкм
1	Sandvik	0,70	3,35	3,64	0,82	0,82	3,82	4,17	0,96
2	Kendu	0,85	5,19	8,32	1,09	0,72	3,35	3,94	0,83
3	СКИФ-М	2,31	8,45	9,74	2,64	1,28	6,21	7,47	1,52

В табл. 3 представлены данные по абсолютной разности полученных при первичном и вторичном замерах параметров шероховатости поверхностей обработанных планок. Это дает более наглядное представление о величинах изменения параметров шероховатости поверхностей без учета приработки инструмента [5].

Таблица 3. Данные об абсолютных величинах изменения параметров шероховатости поверхностей

№ п.п. и производитель инструмента		*Ra*, мкм	*Rz*, мкм	*Rt*, мкм	*Rq*, мкм
1	Sandvik	0,12	0,47	0,53	0,14
2	Kendu	0,13	1,84	4,38	0,26
3	СКИФ-М	1,03	2,24	2,27	1,12

Выводы. В результате проделанной работы можно с уверенностью сказать, что для обеспечения максимального времени работы инструмента при совмещении черновой, получистовой и чистовой обработки лучше всего подходит инструмент производства Sandvik Coromant. Также, этот инструмент способен обеспечить прекрасные показатели параметров шероховатости, обработанной им поверхности.

Литература

1. Николаев А.Д. Исследование стойкости цельных твердосплавных концевых фрез различных производителей // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/3856/3856.pdf, своб.
2. Металлообработка. Вращающийся инструмент. Каталог SANDVIK Coromant. – 2011.
3. СКИФ-М. Инструмент для фрезерования и сверления. Каталог СКИФ-М. – 2015.

4. Kendu. Обработка решения. Каталог Kendu. – 2012.
5. Николаев А.Д., Помпеев К.П. Исследование микрогеометрии поверхностей после обработки цельными концевыми твердосплавными фрезами // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/5723/5723.pdf, своб.



Николаев Павел Андреевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4278
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: pashka9393@gmail.com

УДК 67.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ НА ГИДРОАБРАЗИВНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Николаев П.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Медунецкий В.М.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615863 «Научные основы создания цифрового производства в приборостроении».

В наши дни применение современных, крайне эффективных, материалосберегающих технологий, возможных решить различные задачи, как производительности, так и качества обработки деталей со сложным профилем с немалой глубиной реза, является актуальной задачей в современном приборостроении [1]. Технология гидроабразивной резки (ГАР) представляется одной из таких технологий, которая позволит существенно улучшить и видоизменить существующие на данный момент технологические процессы. Эта технология позволяет обрабатывать практически любые материалы: от мягких пластиков до камня и труднообрабатываемых сплавов. Технология ГАР находит достаточно широкое применение в различных отраслях промышленности: танкостроение, авиация, судостроение и других отраслях.

Существующие традиционные технологии изготовления зубчатых колес не обеспечивают высокую эффективность из-за необходимости в специализированном оборудовании, инструменте и последовательном многоэтапном комплексе работ по обработке зубьев.

Тенденции в современном приборостроении направлены на приобретение универсального оборудования. Приобретение узкоспециализированного оборудования потребует специализированного инструмента и обслуживания, что может делать работу на данном оборудовании затратной, что непозволительно для единичных или мелкосерийных производств. Таким образом, технология ГАР, являясь универсальной технологией раскроя материала, может помочь решить многие вопросы формирования сложнопрофильных деталей, требующих соответствующего оборудования и инструментов.

Работа выполнялась на установке для ГАР NC3015S на предприятии АО «Равенство». Диаметр режущей струи, исходя из используемых комплектующих,

считается равным 1,5 мм. Следовательно, перед резкой необходимо узнать границы возможностей резки по модулю. Для этого в специализированном программном обеспечении (ПО) IGEMS для ГАР были смоделированы и проанализированы на соответствие контуру траектории движения режущей струи.

Было выявлено, что минимально возможный модуль равен 1,5. Модули ниже невозможно получить струей диаметром 1,5 мм, из-за несоблюдения номинального контура, регламентируемого ГОСТом.

Дальнейшая работа заключалась в трех этапах. В системе автоматизированного проектирования Компас-3D был спроектирован контур зубчатого венца (ЗВ). Далее этот эскиз был импортирован в ПО для ГАР IGEMS, где были заданы параметры резки для используемого материала. По введенным параметрам программа составила понятный для установки G-код и позволила произвести визуализацию резки. Третий этап заключался в наладке и резке венцов на самом оборудовании. Вырезался венец из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т, модуль равен 4, эвольвентный профиль по ГОСТ 13755-2015. Результат резки представлен на рис. 1.



Рис. 1. Вырезанный ЗВ

Следующий этап работы заключался в оценке микрогеометрии рабочих поверхностей вырезанных зубьев. Для этого на оборудовании кафедры ТПС Университета ИТМО Hommel Tester 8000T были измерены параметры шероховатости. Результаты измерений получились в диапазоне по параметру *Ra* от 2,65 до 3,77 мкм и в диапазоне по параметру *Rz* от 14,95 до 19,02 мкм.

Параметрический метод не позволил как-либо информативно оценить микрогеометрию вырезанной поверхности. Поэтому была произведена оценка с помощью непараметрического метода, разработанного профессором кафедры ТПС В.А. Валетовым.

Из графиков плотности распределения ординат и тангенсов можно было сделать общий вывод по непараметрическому методу, о том, что микрогеометрия вырезанной поверхности – непостоянная. Для однозначных участков преобладают совершенно различная микрогеометрия. И это при том условии, что режимы ГАР были одинаковыми и постоянными на протяжении всего профиля в течение всей резки.

Это говорит о том, что микрогеометрия профиля имеет неравномерный, неодинаковый характер, несмотря на близкие по значению в некоторых случаях параметры шероховатости.

Также можно сделать вывод, что режимы резки – непостоянны. Т.е. на различных участках по мере резки режимы изменялись. Это может быть обусловлено, например, возникающими вибрациями в процессе резки, которые по мере реза увеличивали воздействие на обрабатываемый венец.

Нужно обеспечить постоянные условия реза на протяжении резки всего профиля (венца), поскольку нестабильность условий обработки влияет на микрогеометрию поверхности зубьев.

Для того, чтобы проверить качество изготовления поверхностей зубьев цилиндрических, эвольвентных зубчатых колес часто применяются два вида контроля: измерение диаметра по специальным роликам и измерение длины общей нормали. В рамках работы была измерена длина общей нормали. При номинальном значении длины 30,81 мм измеренную длину на всем венце можно обусловить значением 30,63±0,02 мм. Измеренное значение длины общей нормали 30,63±0,02 мм удовлетворяет следующим степеням точности: 8-B; 9-C; 11-D. Также значение можно считать переходным между точностями 7-A и 7-B (граничные значения принадлежат разным степеням соответственно). Стоит отметить, что измеренная длина нормали удовлетворяет степеням точности 5-A и 6-A, но не удовлетворяет 8-A и дальше.

Таким образом, сравнивая с требованиями для ЗВ, обычно изготавливаемых на предприятии АО «Равенство», данная установка ГАР в текущем состоянии не способна заменить классическое зубонарезание. Поэтому автором работы были разработаны некоторые рекомендации по изготовлению ЗВ на гидроабразивном (ГА) оборудовании:

– уменьшение скорости резки;
– использование более мощного насоса высокого давления;
– использование дополнительных поддержек во время ГАР (больше перемычек, поддерживающая оснастка);
– использования абразива с меньшим размером частиц;
– уменьшение диаметра режущей струи;
– использование дополнительных устройств, предлагаемых производителями ГА оборудования;
– использование менее габаритных установок.

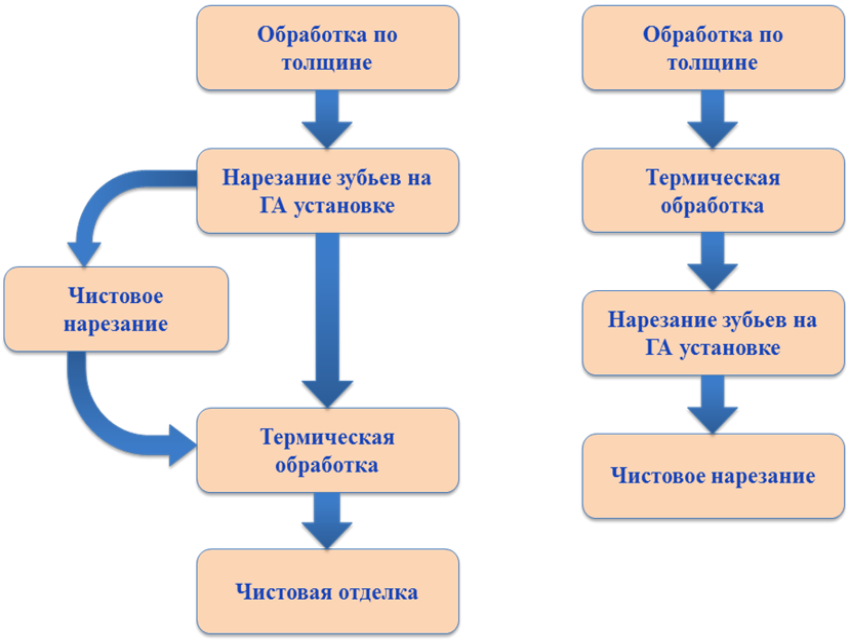


Рис. 2. Схемы формирования ЗВ с использованием ГА оборудования

Конечно, если соблюдать вышеперечисленные рекомендации, то повысятся эксплуатационные расходы при резке и стоимость всего оборудования. Но, тем не менее, последовательность изготовления ЗВ можно представить в виде

последовательностей, указанных на рис. 2. Стоит отметить, что выполнение каждого пункта не будет являться обязательным для абсолютно каждого случая, но предложенная последовательность является универсальной, так как сделана на основе типового технологического процесса традиционного современного зубонарезания.

Предположительно, закалка и последующий отпуск заготовок может быть проведена до формирования зубьев ГАР. Это позволит избежать потери точности и деформации ЗВ, как было бы при термообработке отдельной зубчатой заготовки. Для определения возможной твердости заготовок для последующих ГАР, следует провести некоторые исследования. Однако можно предположить, что твердость 36–40 HRC (по шкале Роквелла) будет удовлетворять возможностям ГАР, так как в производстве возможно нарезание зубьев традиционным способом у заготовок данной твердости.

Исходя из проделанной работы можно выявить следующие преимущества использования ГАР для изготовления ЗВ:

– использование универсального современного оборудования;
– значительное уменьшение износа режущих инструментов при зубонарезании;
– возможность вырезания венцов различной конфигурации за одну программу («за один установ»);
– возможность вырезания венцов разной толщины за одну программу («за один установ»).

Таким образом, была смоделирована и исследована технология формирования ЗВ с применением ГА оборудования. Исходя из экспериментальных данных, можно сказать, что точность реза ГА установки NC 3015 S Beveljet составила ±0,2 мм. Это говорит, что данная установка не подойдет для формирования крайне прецизионных ЗВ. Шероховатость полученных рабочих поверхностей зубьев также не является достаточно высокой. Это говорит о том, что ГАР на установке NS3015S будет пригодна для чернового нарезания зубьев с последующим чистовым нарезанием и отделкой. Также у ГАР присутствуют ограничения по модулю ЗВ. На данной установке минимально возможный модуль является m=1,5.

Также было отмечено, что микрогеометрия однозначных участков, обработанных на ГА установке непостоянная, несмотря на то, что режимы ГАР были одинаковыми и постоянными на протяжении всей резки. Было предположено, что условия резки менялись во время обработки. Т.е. на различных участках по мере резки условия изменялись. Это может быть обусловлено, например, возникающими вибрациями в процессе резки, которые по мере реза увеличивали воздействие на обрабатываемый венец. Было выявлено, что необходимо обеспечить постоянные условия реза на протяжении резки всего профиля (венца), поскольку нестабильность условий обработки влияет на микрогеометрию поверхности зубьев. Тем не менее, процесс формирования ЗВ с применением ГА оборудования имеет ряд преимуществ, описанных в данной работе.

Литература

1. Калашников С.Н., Калашников А.С., Коган Г.И. и др. Производство зубчатых колес. Справочник / Под общ. ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и допол. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.



Овсянников Денис Валериевич
Год рождения: 1991
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
кафедра информатики и прикладной математики,
группа № Р4217
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: Art-d-s@mail.ru

УДК 004

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТОЯНИЯ ПЧЕЛИНОЙ СЕМЬИ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Овсянников Д.В.
Научный руководитель – к.т.н. Симоненко З.Г.

Пчелы – древнейшие обитатели нашей планеты, которые всегда играли определенную роль в жизни людей. Биология пчелиной семьи представляет большой интерес и всегда была предметом многовекового изучения.

Особенного внимания заслуживают звуки, издаваемые пчелиной семьей, по звуковому фону которого можно приближенно судить о ее состоянии. Субъективность и низкая точность контроля состояния пчел на слух ограничивают сферу его применения. Но в большинстве случаев необходимо (в особенности, в исследовательской работе) контролировать состояние семей, не вскрывая улья.

Данная работа посвящена анализу аппаратно-программных и аппаратно-технических методов и устройств, применяемых в исследованиях рассматриваемой предметной области.

Рассмотрены наиболее известные методы, предназначенные для определения состояния пчелиной семьи по анализу акустического сигнала, устройства, работающие на этих методах, выявлены их ключевые особенности, выявлены оптимальные рабочие характеристики таких устройств.

Задача данного исследования – выявить достоинства и недостатки, выбрать оптимальную конфигурацию аппаратно-программного устройства для целей автоматизации контроля характеристик состояния пчелиной семьи.

Известны способы контроля состояний пчелиной семьи по их акустическому шуму, основанные на анализе интенсивностей сигналов в выделенных частотных полосах, а также на применении численных методов спектрального анализа [1–3]. Недостатками способов являются низкая информативность, сложность и большая продолжительность расчетов спектра, так как при коротких выборках приходится проводить дополнительные вычисления и определение тех частотных спектров, которые по существу определяют общую фоновую ситуацию в пчелином гнезде.

Наиболее интересным является способ определения информативных спектральных составляющих акустического сигнала пчелиных семей при распознавании их состояний, заключающийся в получении амплитудного или энергетического спектра, производимого пчелиной семьей акустического шума в предварительно ограниченном частотном диапазоне от 60 до 600 Гц.

Состояниями для анализа могут быть: рабочее – носит мед; роевое – после закладки маточников; роевое – в день выхода роя; пчелиная семья без матки; отводок (вновь организуемая искусственным путем пчелиная семья) без матки; безматочная пчелиная семья, в которую подсаживают новую матку; отводок без матки; отводок, в который подсаживают новую матку; зимующая пчелиная семья обсиживает четыре

рамки при воздействующей внешней температуры; зимующая пчелиная семья обсиживает восемь рамок при воздействующей внешней температуры; зимующая пчелиная семья в зимовнике при различном времени записи в течение зимовки; пчелиная семья, на которую воздействовали переменным электрическим полем напряженностью 400 В/см [1] в рабочем состоянии; пчелиная семья, на которую воздействовали переменным электрическим полем в роевом состоянии; тип улья; состояние кормовых запасов; время контроля и т.д.

Конкретное время анализа устанавливает пчеловод, и оно может составлять до 10 мин.

Известно устройство для акустического контроля за состоянием пчелиной семьи по их акустическому шуму, основанное на анализе интенсивностей сигналов в наиболее информативном частотном диапазоне и диагностики путем сопоставления на экране индикатора накладываемых трафаретов, соответствующих определенным состояниям пчелиной семьи [4].

Устройство 1, представленное на рис. 1, относится к области пчеловодства и может найти применение в практической работе на индивидуальных и коллективных пасеках.

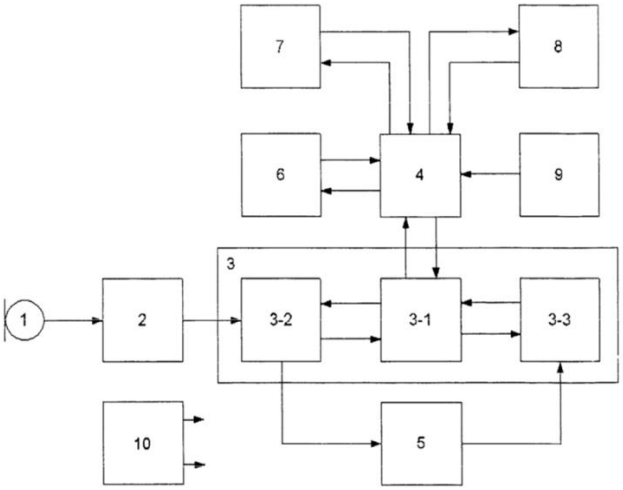


Рис. 1. Схема рассматриваемого прибор-аналога

На рис. 1 приведена структурная схема устройства диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму, которая содержит: микрофон 1; усилитель 2; микросхему PSOC 3; микро-ЭВМ 4; блок детекторов средневыпрямленного значения 5; микросхема часов реального времени 6; микросхема FLASH-памяти 7; клавиатура – 8; жидкокристаллический индикатор 9; блок питания 10.

Внутри микросхемы PSOC находится: микроконтроллер 3-1, сформированы программным путем блок узкополосных частотных фильтров 3-2, блок компараторов 3-3. Подключают микрофон 1, а затем помещают его вместе с устройством диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму в улей диагностируемой пчелиной семьи. Для этого предварительно снимают крышку с улья, снимают утепляющую подушку. Кладут микрофон 1 поверх холстика, накрывают утепляющей подушкой и обратно устанавливают крышку на улей (само устройство может находиться рядом с микрофоном, или поверх подушки, или на крышке улья).

Звуковой сигнал пчелиной семьи поступает на микрофон 1. Расположение устройства диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму поверх крышки закрытого улья позволяет пчеловоду периодически отслеживать состояние пчелиной семьи, не беспокоя ее.

Недостатком устройства является неудобство в процессе диагностирования, так как спектральные составляющие при каждом анализе неизвестного состояния могут отличаться от трафарета с известным состоянием, требуется осуществлять подбор, что снижает скорость диагностирования, трафареты могут быть потерянными, а также неточно с приближением принимать решение о принадлежности к диагностируемому состоянию, низкая достоверность диагностирования.

Его основными недостатками являются: требуется некоторая квалификация пользователя-пчеловода, требуется проводить расшифровку наблюдаемых графиков, неудобное управление, большое количество схемных элементов, сложность схемных соединений, сложность перенастройки на другие информативные полосы частотного диапазона, в прототипе перенастройка осуществляется путем аппаратной замены элементов схемы узкополосных частотных фильтров.

При анализе литературных источников было установлено что частотный спектр звука пчелиного улья лежит в диапазоне от 20–8000 Гц.

Большая часть показаний характеризующих состояния пчелиной семьи была подтверждена экспериментальным путем. Удалось установить, что частотные колебания в определенных спектрах зависят от их текущих состояний. В разное время суток и разное время года одно и то же состояние могло иметь свой спектр частот.

Наблюдается поднятие в частотах от 170–340 Гц. Информативный диапазон до 670 Гц (рис. 2).

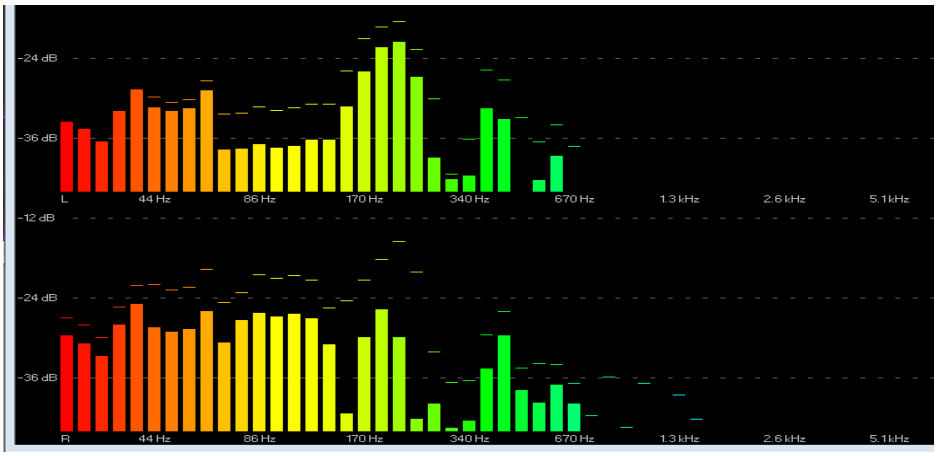


Рис. 2. Частотный спектр пчелиной семьи в улей, в который пробралась мышь

На рисунке представлен частотный диапазон 0–3 КГц. В данном частотном диапазоне показано нормальное состояние пчелиной семьи (рис. 3).

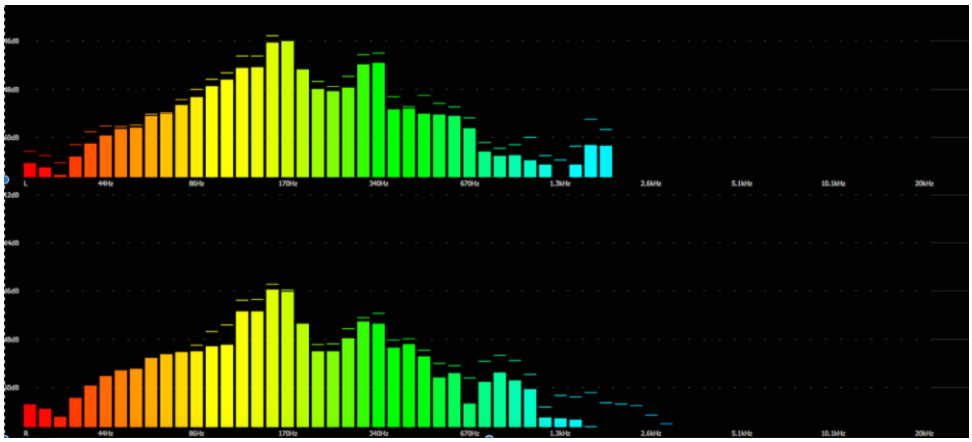


Рис. 3. Частотные спектры здоровой пчелиной семьи с маткой, полученные экспериментальным путем 15.08.2015 в 19:40

Анализ существующих работ в этой области показывает, что анализ диагностируемых состояний осуществляется на основе накопленной базы знаний. Для автоматизации контроля характеристик состояния в этой области необходимо использовать современные информационные технологии. Для этого предлагается использовать искусственную нейронную сеть, которая будет классифицировать приходящие данные с микрофонов с данными, на основе которых будет обучена нейронная сеть. Сеть будет распознавать частоты и на основе проведенного анализа, будет выводить информацию о пчелиных семьях.

Подводя итоги работы, отметим главные реализованные этапы.

Выполнен аналитический обзор существующих методов исследования характеристик состояния акустическими методами для выбора устройства-аналога. Проведен анализ существующих методов и устройств. Были выявлены их достоинства и недостатки.

Проведены исследования для установления корреляции частотного диапазона звука пчелиной семьи и характеристик ее состояния. Был проведен выбор устройства-аналога для проведения установочных экспериментов. Выявлены и классифицированы характеристики состояния пчелиной семьи. Также был сформирован алгоритм работы устройства-аналога. Проведены установочные эксперименты для ряда состояний.

Разработана структура работы информационно-измерительной системы определения состояния пчелиной семьи с помощью входных акустических сигналов. Проведен анализ литературных публикаций в области акустического состояния пчелиных семей [5, 6].

Актуальность работы заключается в том, что на текущий момент времени в рассматриваемой предметной области при работе с акустическими данными улья отсутствует линейная разделимость классов для параметров, характеризующих состояние пчелиной семьи.

Однозначное разграничение значений параметров, характеризующих то или иное состояние улья, невозможно, поэтому в данном случае, возможно, говорить только о вероятностной разделимости классов. Как следствие, для осуществления классификации акустических характеристик с целью диагностирования состояния пчелиной семьи требуется реализация интеллектуальной системы. Поэтому применение нейронной сети является необходимым и обязательным условием дальнейшего продолжения работы.

Литература

1. Пчеловодство для начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://o-paseke.ru/udivitelnyj-mir-pchel/udivitelnyj-mir-pchel.html, своб.
2. Все о меде и пчелах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.medorod.ru/load/ pchelovodstvo /produkty_ pchelovodstva/105-1-0-246, своб.
3. Мед. Полезные и целебные (лечебные) свойства меда. Чем полезен мед. Лечение медом: народные рецепты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://polzaverd.ru/prochee/med-poleznye-svojstva.html, своб.
4. Патент № 2099942. Устройство для акустического контроля за состоянием пчелиной семьи / Дрейзин В.Э., Рыбочкин А.Ф., Захаров И.С., Еськов Е.К. – Опубл. 27.12.1997.
5. Патент РФ № 2287138. G01H 17/00. A01K 55/00. Способ определения информационных частотных полос акустического сигнала пчелиных семей при распознавании их состояний // Рыбочкин А.Ф. (RU). Опубл. Бул. № 31. 10.11.2006.

6. Патент № 2463783. Устройство диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму / Рыбочкин А.Ф. (RU), Романов А.А. (RU), Яковлев А.И. (RU). – Опубл. 20.10.2012 Бюл. № 29.



Олисова Анастасия Олеговна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4230
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: olisova163@yandex.ru

УДК 637.146

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА ДЛЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Олисова А.О.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.

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

Спортивное питание, представленное на рынке, имеет медицинский формат выпуска (порошки, таблетки, капсулы). Все это ассоциируется у большинства населения с серьезным вмешательством в работу организма. Это пугает и вызывает недоверие со стороны потребителей. А также применение специализированного питания в таком виде негативно влияет на работу желудочно-кишечного тракта [1–5].

Таким образом, существующие на рынке продукты питания специализированного назначения для спортсменов не в состоянии в полной мере выполнять свои функции. Актуальным решением данной проблемы будет создание продукта на основе традиционного продукта питания и обогащением его нутриентами для решения специфических задач. Таким продуктом может стать кисломолочный напиток, обогащенный минеральными компонентами.

Цель работы – научно обосновать и разработать рецептуру и технологию комплексного кисломолочного продукта для представителей циклических видов спорта.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести аналитический обзор литературы по теме;
2. обосновать и выбрать наполнители, нормализующие водно-солевой баланс и корректирующие вкус;
3. отработать дозы внесения наполнителей;
4. разработать рецептуру продукта;
5. отработать технологию производства продукта с учетом вносимых наполнителей;
6. исследовать и физико-химические показатели (ФХП) и органолептические показатели готового напитка;
7. выполнить расчет пищевой и энергетической ценности;
8. установить гарантированный срок хранения готового продукта;

9. разработать проекты технических условий (ТУ) и технологических инструкций на продукт.

Для предотвращения дегидратации организма напиток обогатили минеральным компонентом. Выбор осуществлялся между препаратами «Регидрон» и «Регидрон-Био». В составе препарата «Регидрон-Био» присутствует синтетический ароматизатор, что недопустимо для использования в конечном продукте. Поэтому для работы использовался препарат «Регидрон». Медицинская дозировка данного препарата является 18,9 г (1 пакетик) на 1 л жидкости, но для восстановления организма после физической деятельности она является слишком большой. В дальнейшей работе используется доза вносимого препарата равная ¼ от медицинской. Такая дозировка является минимальной для покрытия потребности спортсменов. Однако даже такое количество придает напитку специфический вкус препарата. Для коррекции органолептических показателей продукта было решено добавить сок фруктов.

Гранатовый сок обладает более мягким вкусом по сравнению с грейпфрутовым, что является негативным фактором в питании спортсмена, когда необходим заряд бодрости, а в составе пакетированного грейпфрутового сока есть подозрение на добавление лимонной кислоты. Для дальнейшей работы отобран образец с добавлением свежевыжатого грейпфрутового сока.

Далее производился подбор дозы внесения сока в продукт, так как использованная дозировка в 20% требует экспериментального подтверждения.

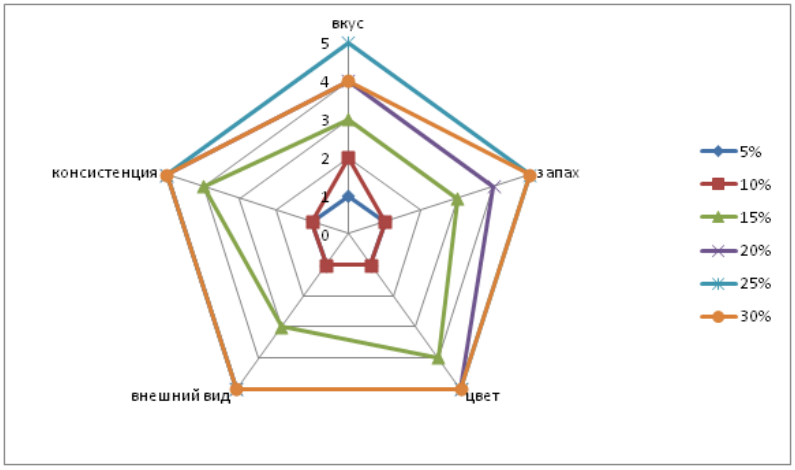


Рис. 1. Органолептическая оценка напитка с добавлением сока

Исходя из данных (рис. 1), оптимальным количеством вносимого сока является 25%. При данном количестве сока, продукт не только улучшил свои вкусовые качества, но и приобрел красивый персиковый цвет с вкраплениями мякоти грейпфрута. Однако минерализующий компонент и сок повлияли на однородность напитка. Для решения данной проблемы производился подбор стабилизатора.

Главным критерием для отработки дозы внесения было использование минимального количества стабилизатора (табл. 1), чтобы не допустить его влияние на текучесть продукта, но позволить поддерживать однородность напитка. На основании анализа литературных данных решено использовать яблочный пектин.

Таблица 1. Отработка дозы внесения стабилизатора

Количество вносимого пектина к общей массе продукта, %	Характеристика
0,1	Оптимальное количество, не отмечено влияние на консистенцию и вкус

Количество вносимого пектина к общей массе продукта, %	Характеристика
0,2	Оптимальное количество, не отмечено влияние на консистенцию и вкус
0,3	Вкус пектина перебивает вкус сока
0,4	Сильно выраженный запах пектина, сметанная консистенция
0,5	Сильно выраженный запах пектина, густая консистенция

Для дальнейшего исследования выбрана дозировка стабилизатора в 0,1%, так как при данном минимальном количестве не было отмечено расслоение продукта, не было отмечено влияние на вкус и консистенцию продукта.

Разработанная рецептура напитка представлена в табл. 2.

Таблица 2. Рецептура кисломолочного напитка

Ингредиент	Норма расхода, г		Норма расхода, г на 1000 кг продукта (без учета потерь)
	100 г продукта	Порция продукта (500 г)	
Молоко коровье сырое цельное (жира 3,6%) ГОСТ Р 52054-2003	70,27	351,35	702,70
Закваска йогуртовая. ТУ 9229-025-51070597-2007	3	15	30
Регидрон. ТУ по действующей ТД	0,63	3,15	6,30
Сок грейпфрутовый. ГОСТ 32102-2013	25	125	250
Пектин яблочный. ГОСТ 29186-91	0,1	0,5	1,0
Вода питьевая. СанПиН 2.1.4.1074-01	1	5	50
Итого	100	500	1000

Для изготовления продукта была переработана традиционная технология производства кисломолочных напитков. В лабораторных условиях в заквашенную смесь вносился сок с наполнителями. Наполнители предварительно растворялись в горячей воде и смешивались с соком. Далее смесь подвергалась термизации.

– Определение срока хранения. ФХП готового продукта. Изменение нарастания титруемой кислотности в продукте до 5 суток проходит плавно. После 5 суток наблюдается более резкое увеличение нарастания кислотности. На 11 сутки в продукте сильно проявилась горечь от грейпфрутового сока и кисломолочный вкус ее не перекрывал.
– Исследование реологических свойств в процессе хранения. В процессе хранения продукт становился более вязким. Возможно причина этому образование комплексов минерализующего препарата с остальными компонентами. Однако даже на 11 сутки вязкость продукта по времени истечения составляет менее 60 с, что является хорошим показателем.
– Определение изменения массовой доли витамина С в процессе хранения. На рис. 2 показано, что в результате воздействия термизации содержание витамина С в продукте на первые сутки составило 2,3 мг.

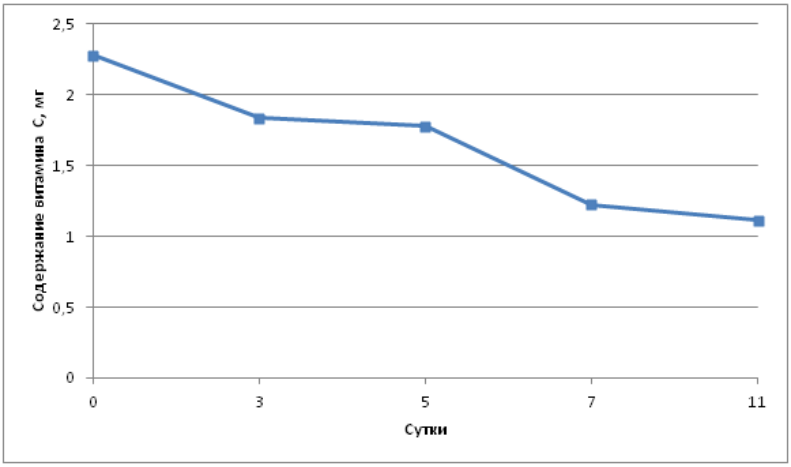


Рис. 2. Изменение содержания витамина С в ходе хранения продукта

Согласно результатам исследования, воздействие термизации на продукт имеет длительный характер. Так с первых по 3 сутки наблюдается уменьшение содержания аскорбиновой кислоты. С 3 по 5 суток заметна стабилизация процесса. С 5 суток опять идет резкое уменьшение количества витамина в продукте. Поэтому, с учетом сохранения большего количества витамина С, рекомендуемый срок хранения продукта должен составлять 5 суток.

Был произведен пересчет основных пищевых нутриентов, минеральных веществ и витаминов и сравнение данных с нормами потребления веществ в сутки для спортсменов весом 70 кг, занимающихся циклическими видами, на порцию разработанного продукта 500 г. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3. Восполнение суточной потребности в пищевых нутриентах за счет употребления порции продукта

Нутриенты	Норма потребления для спортсменов	Содержание в порции продукта 500 г	Удовлетворение суточной потребности, %
Белки, г	154	19	12,3
Жиры, г	175	12	6,9
Углеводы, г	840	26	3,1
Минеральные вещества, мг			
Na	7 000	549,35	7,85
K	5 000	957,5	**19,15**
Ca	1 600	456,5	**28,5**
Mg	500	69,5	13,9
P	2 000	364	**18,2**
Fe	30	0,6	2
Витамины, мг			
A	3	0,1	3,33
B-каротин	5	0,05	1
B1	3,5	0,2	5,7
B2	4	0,75	**18,75**
PP	32	0,8	2,5
C	180	11,35*	6,3
Энергетическая ценность, ккал	5 180	304	5,87

* содержание витамина С в термизированном продукте.

В результате исследования состава установлено высокое содержание таких нутриентов как: калий, кальций, фосфор, витаминов В2. Данный продукт можно назвать обогащенным этими компонентами.

В заключении следует сказать, что разработанный продукт для представителей циклических видов спорта помогает восстановиться организму после физической деятельности. Благодаря входящим в состав минеральным компонентам ускоряется восстановление водно-солевого баланса организма, а грейпфрутовый сок придает заряд бодрости, столь необходимый после психологического утомления.

Литература

1. Борисова О.О. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации: учеб.-метод. пособие. – М.: Советский спорт, 2007. – 132 с.
2. Величко Д.С. Анализ состояния питания спортсменов в период тренировок // Пищевая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 36–38.
3. Ершова И.Б., Мочалова А.А., Черноусова С.Н., Хатнюк В.А., Коломина Т.Б. Актуальность пероральной регидратации как естественного метода восполнения водно-солевого баланса организма // Здоровье ребенка. – 2012. – № 8. – С. 43.
4. Полиевский С.А. Основы индивидуального и коллективного питания спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 2005. – 384 с.
5. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость / Пер. с англ. – Мурманск: Тулома, 2006. – 160 с.



Панфилов Пётр Анатольевич
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра технологии приборостроения, группа № Р4283
Направление подготовки: 12.04.01 – Приборостроение
e-mail: tortbiscuits@gmail.com

УДК 681.7.054.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСФЕРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Панфилов П.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Андреев Ю.С.

Работа была выполнена в рамках договора с предприятием АО «НИИ ОЭП» о совместной деятельности по подготовке специалистов.

В настоящее время широкое распространение получили оптические детали с асферической формой поверхности, которые успешно применяются в высокоточных оптических приборах и системах. Ввиду высоких требований по точности, предъявляемых к оптическим деталям, имеющим асферическую форму поверхности, достаточно много внимания уделяется развитию технологии изготовления оптических деталей данного вида.

На сегодняшний день, как в России, так и за рубежом для формообразования асферических поверхностей оптических деталей успешно применяются различные технологии, основанные на методе удаления избыточного слоя материала с поверхности обрабатываемой заготовки [1].

Одной из таких технологий является технология автоматизированного формообразования асферических поверхностей малоразмерным инструментом при помощи свободного абразива, применяемая на производстве «НИИ ОЭП» для единичного и мелкосерийного изготовления оптических деталей. Суть данной технологии заключается в асферизации поверхности путем съема материала зернами свободного абразива при помощи инструмента малого диаметра. В процессе обработки инструменту сообщаются осциллирующие колебания, давление и вращение вокруг собственной оси, движение инструмента, при этом, совершается по растровой траектории, а управление съемом материала осуществляется за счет изменения скорости перемещения инструмента.

Основным оборудованием, применяемым на производстве, являются модернизированные станки АД-1000 и АД-2000. Точность обрабатываемой поверхности, характеризующаяся среднеквадратичным отклонением формы поверхности от ближайшей сферы сравнения (RMS), достигает $\lambda/60$, а по разности между максимальным и минимальным значением погрешности формы на контролируемой поверхности (PV) $\lambda/10$ [2].

Данная технология обладает рядом преимуществ и недостатков, один из которых заключается в образовании отклонений в результате выхода инструмента на краевую зону обрабатываемой поверхности. Для выполнения корректной обработки поверхности внутри световой апертуры (рабочей области) оптической детали, инструмент должен полностью покидать данную зону. В некоторых случаях, когда размер световой апертуры близок к габаритным размерам детали, применяются заготовки большего диаметра с целью обеспечения области для выхода инструмента. Такие заготовки после асферизации, подвергаются круглению, при помощи которого уменьшают диаметр заготовки до необходимого путем удаления материала.

В ряде случаев после процедуры кругления контроль фиксирует отклонения формы поверхности, полученной при асферизации, в результате перераспределения внутренних напряжений. Для устранения возникших в результате кругления отклонений применяется специализированная оснастка (рис. 1).

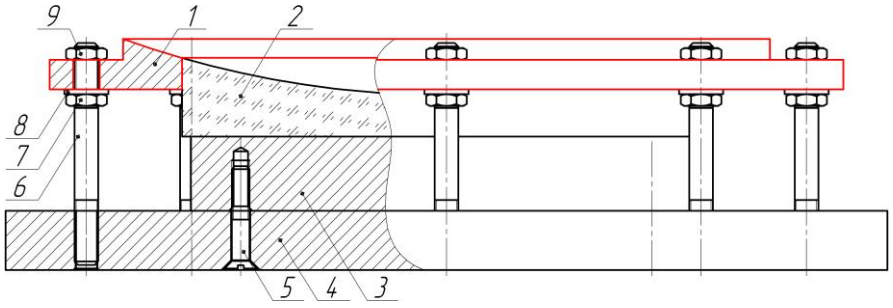


Рис. 1. Конструкция оснастки: 1 – фальшборт; 2 – обрабатываемая деталь; 3, 4 – фланцы; 5 – винт; 6 – шпилька; 7, 9 – гайки; 8 – шайба

Основным элементом конструкции оснастки, которому уделяется особое внимание, является фальшборт 1 (рис. 1). Фальшборт представляет собой деталь, имеющую форму кольца, которая сопрягается с обрабатываемой заготовкой и участвует вместе с ней в процессе обработки [3]. Форма рабочей поверхности фальшборта повторяет форму поверхности обрабатываемой заготовки, что

обеспечивает корректную работу инструмента, предоставляя дополнительное пространство для его перемещения.

Было решено рассмотреть альтернативные методы изготовления оснастки, такие как аддитивные технологии, применение которых позволит в кратчайшие сроки изготовить индивидуальную оснастку для соответствующей оптической детали, а также существенно снизить трудоемкость ее изготовления. Таким образом, **целью работы** является разработка и исследование специализированной оснастки в виде фальшборта, изготавливаемой при помощи аддитивных технологий, и применяемой для формообразования малоразмерным инструментом оптических деталей с асферической формой поверхности.

В ходе выполнения работы был проведен анализ основных видов аддитивных технологий, главной задачей которого стало выявление основных достоинств и недостатков той или иной технологии с целью определения возможности их применения в качестве альтернативной технологии изготовления фальшбортов. Одним из основных критериев оценки технологий была принята точность изготавливаемых изделий или минимальную толщину слоя, которую возможно обеспечить.

По результатам проведенного анализа основных современных аддитивных технологий было выявлено, что для решения поставленной задачи наиболее подходящими являются такие технологии как SLA и PolyJet, преимущество которых заключается в высокой точности получаемых изделий, что позволяет изготавливать типовые конструкции фальшбортов без применения дополнительной обработки.

Поскольку одной из поставленных задач являлось изготовление опытного образца фальшборта, было определено доступное оборудование, которым стала установка Objet Eden350v, расположенная на кафедре ТПС Университета ИТМО. Также был проведен анализ материалов доступных для данной установки, среди которых были выделены такие материалы как VeroClear и FullCure720.

В качестве опытного образца, для которого было необходимо изготовить оснастку в виде фальшборта, было выбрано внеосевое параболическое зеркало. Таким образом, в соответствии с предоставленной документацией в системе автоматизированного проектирования CATIA была разработана 3D-модель фальшборта.

Для обоснования применения подобранных для изготовления фальшборта материалов был проведен анализ его конструкции в CAE-системе OOFELIE. В ходе анализа было проведено сравнение деформаций, возникающих в результате воздействия инструмента, в конструкции из материалов, применяемых на данный момент для изготовления фальшбортов, таких как Алюминий АМг6, полиацеталь (POM-C) и фторопласт (PFTE), и конструкции из материалов FullCure 720 и VeroClear. В качестве нагрузки было задано давление, соответствующее создаваемому инструментом, имеющим диаметр 15 мм, на ранее определенную область поверхности P=66,55 кПа.

В результате проведенного анализа были получены диаграммы смещения узлов конечно-элементной сетки (КЭ), иллюстрирующие величину деформации конструкции в микронах (рис. 2). Из результатов, полученных для материалов, применяемых на данный момент для изготовления фальшбортов, был сформирован диапазон допустимых значений максимальной деформации. Результаты, полученные для материалов FullCure720 и VeroClear, входят в данный диапазон, что свидетельствует о возможности применения данных материалов для изготовления опытного образца.

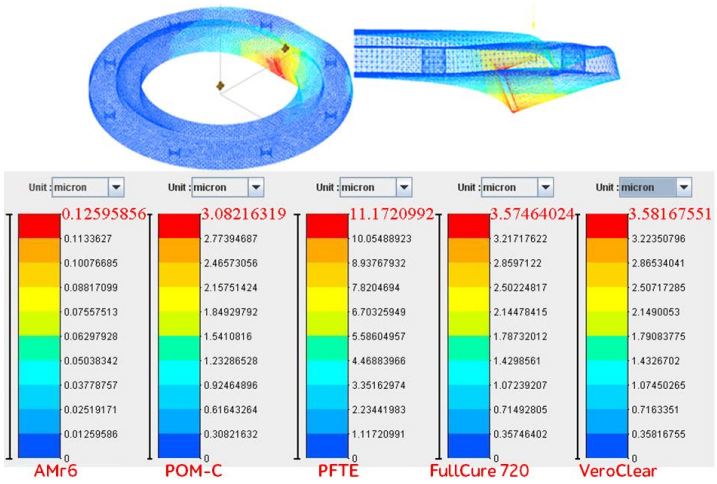


Рис. 2. Диаграммы смещения КЭ сетки

Также в ходе выполнения работы были испытания опытного образца фальшборта для внеосевого параболического зеркала в ходе его эксплуатации при доводке соответствующего оптического элемента. В рамках исследования было проведено два цикла обработки, каждый из которых сопровождался контролем полученной поверхности оптической детали при помощи интерферометра ИТ-172. Полученные в ходе контроля интерферограммы были подвергнуты обработке и последующему анализу в программе WinFringe, где были сформированы топограммы отклонений поверхности от заданной (рис. 3). Результаты, полученные в ходе контроля, представлены в таблице.

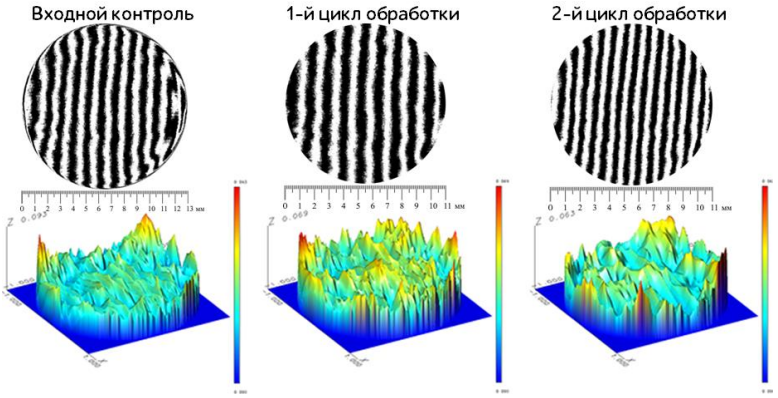


Рис. 3. Результаты испытаний

Таблица. Результаты анализа интерферограмм

	Входной контроль	2-й цикл обработки	2-й цикл обработки
RMS, мкм	0,019	0,008	0,007
PV, мкм	0,089	0,069	0,63

На основе анализа полученных результатов был сделан вывод, что в процессе испытаний опытный образец оснастки успешно выполнял свои функции, а благодаря его применению удалось решить задачу восстановления оптической детали и добиться уменьшения параметра «размаха» ошибки (PV), а также снизить среднеквадратичное отклонение формы поверхности (RMS). В связи с этим можно сделать вывод, что изготовленный образец фальшборта со своими задачами справился, а аддитивные технологии могут быть использованы в качестве альтернативного решения для задачи изготовления специализированной оснастки, предназначенной для формообразования асферической оптики малоразмерным инструментом.

Литература

1. Заказнов Н.П., Горелик В.В. Изготовление асферической оптики. – М.: Машиностроение, 1978. – 248 с.
2. Михайлов В.В., Парака А.В., Чекаль В.Н., Чудаков Ю.И., Чухнин А.Я., Шевцов С.Е. Технология автоматизированного формообразования для производства оптических элементов // Оптический журнал. – 2009. – № 9(76). – С. 82–86.
3. Окатов М.А., Антонов Э.А., Байгожин А. и др. Справочник технолога-оптика. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 679 с.



Педанова Екатерина Константиновна
Год рождения: 1993
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4247с
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: epedanova@gmail.com

УДК 621.3.078.3

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА РОБОТА «МАНИПУЛЯТОР-ТРИПОД»

Педанова Е.К.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Никитина М.В.

В настоящее время широкое распространение получают автоматизированные промышленные комплексы, позволяющие произвести спектр работ, начиная от перемещения тяжелых грузов и до работ, требующих высокой точности позиционирования исполнительных устройств. Примером могут служить: сварка, гравировка, перемещение деталей, тонкое (чистовое) точение, шлифование, чистовое высокоскоростное фрезерование. Эффективность подобных технологических процессов достигается путем совершенствования систем управления электропривода.



Рис. 1. Готовая конструкция робота типа «трипод»

Робот, созданный в рамках работы, в соответствии с рассмотренной выше классификацией относится к устройствам типа «трипод». Конструкция робота представлена на рис. 1, технические данные актуатора приведены в таблице.

Таблица. Технические данные актуатора

$I_н$, А	$P_н$, Вт	$U_н$, В	$n_н$, об/мин	η, %	n_{max}, об/мин
2,2	70	24	870	65	880
$r_я$, Ом	$r_{ОВ}$, Ом	$L_я$, мГн	$J_Д$, кг·м^2	$C_М$, Н·м/А	Cе, В·с/рад
4	14	0,029	$0{,}48 \cdot 10^{-3}$	0,167	0,167

Данная конструкция робота, разработанная на кафедре АПП КарГТУ [1], представляет собой совокупность платформы, на которой размещены три статичных звена, и трех подвижных звеньев (актуаторов) изменяемой длины, установленных на конструкции с помощью шарнирных соединений. Конец подвижной части каждого звена закреплен на исполнительном органе (ИО), выполненном в качестве маркера для осуществления анализа работы исполнительной системы робота. В состав конструкции также входят блок электрической составляющей системы управления и блок питания. К достоинству конструкции данного типа можно отнести более высокую жесткость и уменьшение нагрузок на электропривод, обеспеченные замкнутой кинематикой.

Цель функционирования робота-манипулятора заключается в позиционировании ИО в заданной точке рабочего области, путем изменения длин подвижных звеньев. В работе [1] автором была разработана система управления роботом «Манипулятор-трипод», позволяющая осуществить перемещение ИО в пространстве, основываясь на эмпирических расчетах размеров конструкции и взаимном расположении звеньев робота. Были разработаны управляющие программы для ПЭВМ и микроконтроллера PIC16F877A, проводящие расчет положения ИО в плоскости рабочей области, с учетом относительных удлинений звеньев переменной длины [2].

Роль звеньев в анализируемом роботе-манипуляторе выполняют электромеханические линейные актуаторы имеющие следующие особенности:

- исполнительный механизм – винт/гайка;
- встроенный энкодер: 1 имп/0,53 мм хода;
- концевые выключатели min/max;
- двигатель постоянного тока: 24–36 vDC;
- максимальная длина выдвижения штока 250 мм;
- входное напряжение: 185–250 vAC;
- потребляемая мощность: 70W max;
- потребляемый ток: 320 mA;
- температура эксплуатации: 0–40°C;
- скорость актуатора: 0,78 мм/с.

Электропривод актуатора представляет собой сложную двухмассовую систему, в котором массы представлены двигателем и исполнительным механизмом (выдвижным штоком), связанные упругими и демпфирующими связями редуктора и которой характерно наличие упругих моментов и зазора, предопределенных конструкцией. Жесткость передач, которой обладает привод, обеспечивает упругие деформации для элементов цепи при воздействии на них вращающих моментов. Возникающая деформация приводит не только к повышенному износу элементов конструкции, но также ведет к появлению колебательных процессов в системе, что сказывается на величине ошибки выходной координаты ИО.

Контур положения является основным при управлении выходным значением величины удлинения штоков актуаторов. Исследование показало, что в отсутствие системы подчиненного регулирования, система, замкнутая по координате положения, обладает колебаниями в установившемся режиме, что характерно для упругих связей и негативно влияет на позиционирование ИО робота-манипулятора. Для обеспечения роботом требуемых характеристик, было необходимо дополнить систему управления робота «Манипулятор-трипод» подчиненной структурой управления, включающую в себя контур тока, контур скорости и контур положения.

Система уравнений, описывающих систему:

$$\begin{cases} \dfrac{dy_{p1}}{dt} = \dfrac{K_{п2}}{T_{и2}} y_{p2} - K_{М} M - K_{п2} K_{\omega} \omega_1 \\ \dfrac{dy_{p2}}{dt} = \left(U_{зад} - K_{\alpha} \alpha_1\right) K_{п3} - K_{\omega} \omega_1 \\ T_{пр} \dfrac{d\omega_0}{dt} = \dfrac{K_{пр}}{T_{и1}} y_{p1} - K_{пр} K_{п1} U_{зад} - K_{пр} K_{п1} K_{М} M - \omega_0 \\ T_{э} \dfrac{dM}{dt} = \beta\left(\omega_0 - \omega_1\right) \\ J_1 \dfrac{d\omega_1}{dt} = M - M_1 - M_{12} \\ J_2 \dfrac{d\omega_1}{dt} = M_{12} - M_2 \\ M_{12} = C_{12}\left(\varphi_1 - \varphi_2 \pm \dfrac{\Delta\varphi_3}{2}\right) + b_{12} p\left(\varphi_1 - \varphi_2 \pm \dfrac{\Delta\varphi_3}{2}\right), \text{при } \left|\varphi_1 - \varphi_2\right| > \Delta\varphi_3 \\ M_{12} = 0, \text{при } \left|\varphi_1 - \varphi_2\right| \le \Delta\varphi_3 \\ \dfrac{d\alpha_2}{dt} = \omega_2. \end{cases} \quad (1)$$

Обратная связь по току влияет на момент электродвигателя и, следовательно, на быстродействие привода, а скорость напрямую влияет на изменение положения. Таким образом, регулируя три подчиненного контура, возможно, получить лучшие показатели точности по параметру положения. Для этого было решено дополнить систему управления электроприводом актуатора регуляторами момента, скорости и положения с соответствующими обратными связями [3, 4].

Из системы (1) видно, что управление производится по угловому значению перемещения. Для перехода к линейным значениям удлинений необходимо использовать коэффициент $K_{лин}$, который для данной системы можно вычислить по формуле:

$$K_{лин}=K_L \cdot 2\pi. \quad (2)$$

Для актуатора робота-манипулятора была разработана и исследована адекватная оригинальной имитационная модель двухмассовой системы с упругими связями (рис. 2), позволяющая оценить качество системы управления. Также были разработаны модели замкнутого принципа регулирования по координатам тока, скорости и положения, позволяющие повысить точность и устойчивость системы, увеличив при этом быстродействие рассматриваемого объекта.

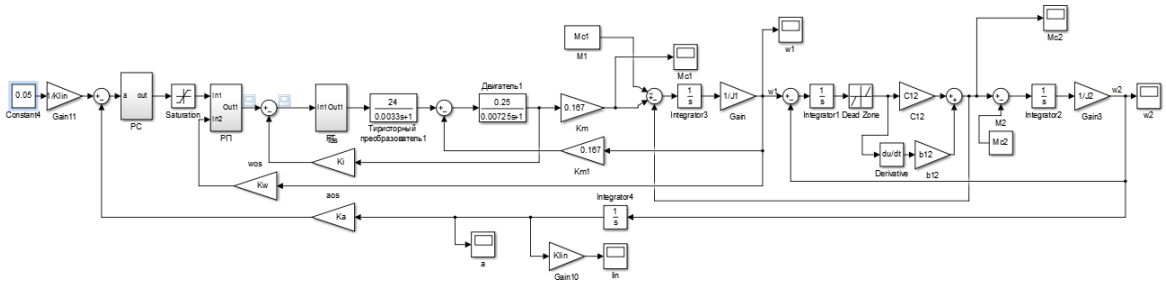


Рис. 2. Система управления положением ИО робота-манипулятора

В ходе работы была разработана и опробована система замкнутого управления электроприводом актуатора, полученные результаты позволили модифицировать исходную систему управления роботом с целью улучшения выходных характеристик. Конструкция робота была обеспечена датчиками тока, скорости и положения. Все это позволило уменьшить ошибку позиционирования, величина которой была оценена опытным путем на рабочей плоскости робота-манипулятора. Для полного исключения влияния работы актуаторов на величину ошибки, в системе управления необходимо учесть механическую взаимосвязь трех актуаторов во время их совместной работы.

Литература

1. Педанова Е.К. Разработка системы управления ПАК «Манипулятор-Трипод»: диплом. работа. – Караганда: КарГТУ, 2015. – 90 с.
2. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: уч. пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
3. Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2016. – 494 с.
4. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.



Погребняк Ирина Викторовна
Год рождения: 1993
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: pogir1100@gmail.com

УДК 004.93

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, СОДЕРЖАЩИХ ИСКАЖЕНИЯ

Погребняк И.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Тропченко А.Ю.

Оптическое распознавание символов – это процесс, реализующий перевод изображения печатного, машинописного или рукописного текста в текстовые данные, представленные в электронном виде [1]. Качество выполнения данного процесса зависит от состояния изображения. Состояние изображения характеризуется

наличием или отсутствием на изображении различных шрифтов и размеров символов, различных или сходных способов написания символов, искажений: шума, неоднородности освещения, шумов печати и ложных знаков.

Тема работы является актуальной, поскольку системы оптического распознавания символов, проанализированные в данной работе, содержат низкие показатели точности распознавания символов с изображений, содержащих искажения, используемыми в системах алгоритмами (рис. 1). Данное утверждение подтверждено экспериментально [2].

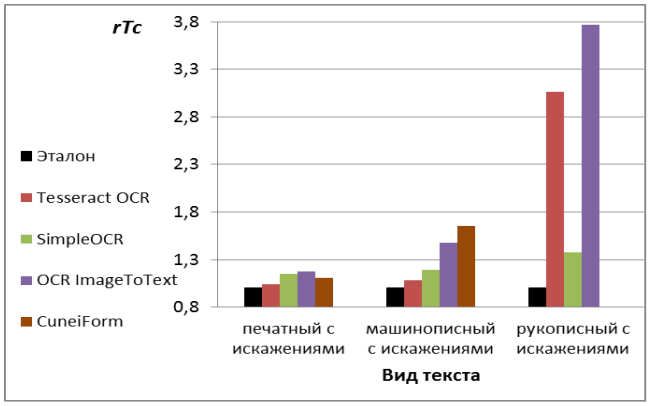


Рис. 1. Зависимость коэффициента корректно распознанных символов (rT_c) от вида текста. $rT_c = \frac{c}{n_c}$, где *c* – количество символов эталона; *nc* – количество корректно распознанных символов

В связи с вышесказанным основной **целью работы** является разработка алгоритма распознавания символов на основании анализа эффективности методов, решающих проблему наличия искажений на изображениях. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- исследование методов, алгоритмов и систем распознавания символов в условиях наличия различных искажений;
- определение критериев оценки эффективности методов;
- разработка приложений, тестирующих исследуемые методы на основании критериев оценки эффективности;
- анализ зависимостей, полученных по результатам тестирования;
- выбор методов с лучшими показателями критериев оценки эффективности на основании результатов анализа;
- разработка алгоритма распознавания на основании выбранных методов.

Методы, решающие проблему наличия искажений на изображении

1. Проблема наличия неоднородности освещения решается методами локальной пороговой обработки, которые выполняют операцию бинаризации. В рамках работы проведен анализ следующих методов: среднего порогового значения, Бернсена, Ниблэка, Саувола, Вульфа и Брэдли–Рота. Указанные методы отличаются способом вычисления порога.

В качестве критерия оценки эффективности предложена точность бинаризации изображения, определяемая как коэффициент корректно преобразованных пикселей объекта $k_p = \frac{c_p}{p}$ и точность преобразования $A_p = 1 - \frac{(i_p + d_p)}{p_i}$, где c_p – число корректно преобразованных пикселей объекта; p – число пикселей объекта; i_p, d_p – число

ошибочно вставленных и удаленных пикселей объекта; p_i – число пикселей изображения.

В качестве исходных данных выбраны наборы изображений с различными значениями параметров: глобальной контрастности [3], минимального уровня прозрачности в области тени и процента области, занимаемой тенью.

Результаты измерений представлены на рис. 2–4. По результатам измерений метод Брэдли–Рота является наиболее эффективным, поскольку содержит высокие показатели оценки точности бинаризации (рис. 2) и наименьшее время выполнения (рис. 3), однако он подвержен влиянию со стороны глобальной контрастности изображения (рис. 4). После выполнения методов Бенсена и Ниблэка наблюдается большой процент шумов печати, что приводит к снижению коэффициента точности преобразования A_p.

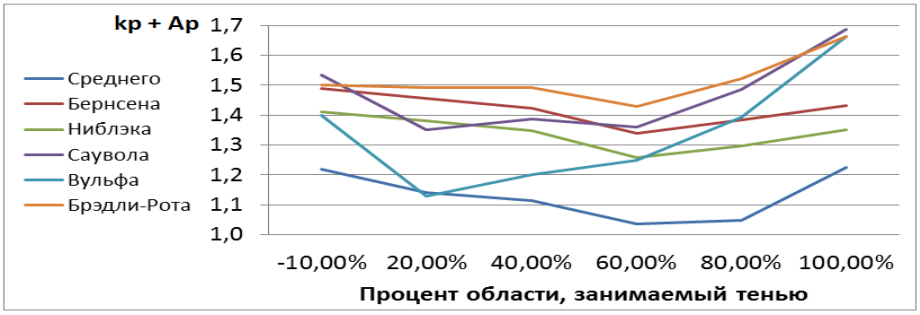


Рис. 2. Зависимость среднего значения точности бинаризации (*kp+Ap*) для степени затемнения области тени от процента области, занимаемой тенью

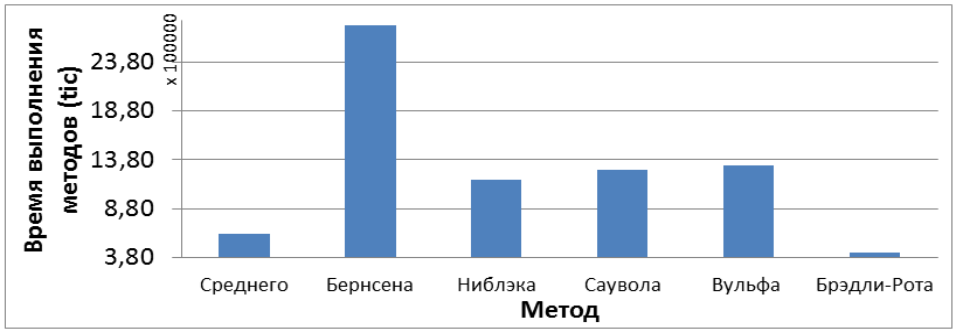


Рис. 3. Время выполнения методов

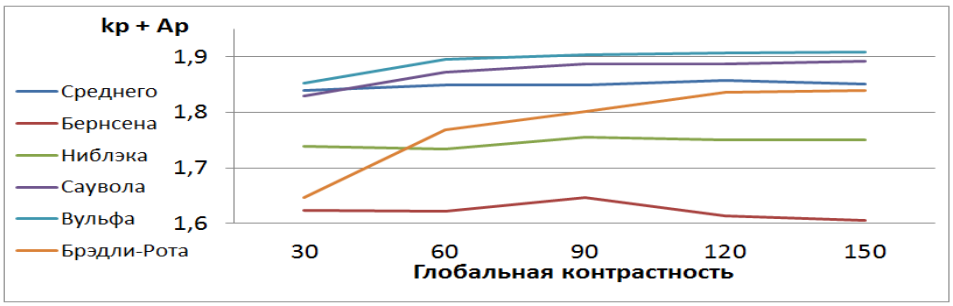


Рис. 4. Зависимость точности бинаризации (k_p+A_p) от глобальной контрастности изображения

2. Проблема наличия шума решается с помощью фильтров шума. В рамках исследования проведен анализ следующих фильтров – среднеарифметического, среднегеометрического, среднегармонического, контргармонического, медианного, максимума, минимума, срединной точки, усеченного среднего и адаптивного фильтра Винера [3].

В качестве критерия оценки эффективности фильтров выбран коэффициент корреляции Пирсона, который позволяет установить уровень схожести изображения без зашумления и восстановленного после зашумления:

$$k = \frac{\sum_x \sum_y ((a(x,y) - \bar{a})(b(x,y) - \bar{b}))}{\sqrt{(\sum_x \sum_y (a(x,y) - \bar{a})^2)(\sum_x \sum_y (b(x,y) - \bar{b})^2)}},$$

где x, y – координаты пикселя; a, b – изображение без зашумления и восстановленное; $\bar{a}, \bar{b}$ – среднее арифметическое яркости изображений.

В качестве исходных данных выбраны наборы изображений с различными видами и уровнями шума. К исследуемым видам шума относятся [3]: равномерный (*a*), Гауссов (*b*), логарифмически нормальный (*c*), Релея (*d*), экспоненциальный (*e*), Эрланга (*f*), импульсный (*g*), Пуассона (*h*) и мультипликативный шумы (*i*).

По результатам измерений фильтр Винера является наиболее эффективным, потому что имеет наиболее частый высокий показатель корреляции (табл. 1). Наиболее удачными для восстановления являются шумы равномерный, экспоненциальный, Пуассона, а наименее удачными логарифмически нормальный, Релея, Эрланга, импульсный.

Таблица 1. Тепловая карта средних значений коэффициента корреляции Пирсона для всех уровней шума

Фильтр	Шум								
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
Среднеарифметический	0,609	0,569	0,308	0,219	0,676	0,316	0,407	0,754	0,533
Среднегеометрический	0,442	0,432	0,159	0,113	0,547	0,183	0,135	0,644	0,352
Среднегармонический	0,48	0,42	0,187	0,135	0,566	0,213	0,12	0,637	0,326
Контргармонический	0,674	0,425	0,527	0,432	0,672	0,489	0,465	0,675	0,415
Медианный	0,513	0,544	0,323	0,238	0,591	0,319	0,416	0,74	0,509
Максимума	0,121	0,25	0,079	0,063	0,19	0,086	0,156	0,384	0,273
Минимума	0,571	0,373	0,357	0,283	0,588	0,335	0,131	0,593	0,267
Срединной точки	0,572	0,397	0,357	0,283	0,594	0,335	0,145	0,617	0,341
Усеченного среднего	0,56	0,566	0,381	0,293	0,635	0,367	0,436	0,762	0,531
Винера	0,721	0,658	0,466	0,347	0,827	0,455	0,425	0,943	0,592

3. Проблема наличия шумов печати решается с помощью операций морфологической фильтрации [4]. В рамках исследования проведен анализ операций: размыкание, замыкание.

В качестве критерия оценки эффективности методов предложена точность морфологической фильтрации изображения, определяемая как коэффициент корректно преобразованных пикселей объекта: $k_p = \frac{c_p}{p}$ и число ошибок $E_p = (i_p + d_p)$, где c_p – число корректно преобразованных пикселей объекта; p – число пикселей объекта; i_p, d_p – число ошибочно вставленных и удаленных пикселей объекта.

По результатам измерений [1] операция замыкание является наиболее эффективной, по причине наличия высокого показателя точности морфологической фильтрации для всех видов структурных элементов. Лучшим структурным элементом для операции замыкание является квадрат (k_p=0,9319, E_p=215,6), а для операции размыкание – линия (k_p=0,9134, E_p=233,2). Использование структурного элемента меньшего размера приводит к лучшим результатам.

4. Для решения проблемы наличия различных размеров, форм, наклонов символов выбрана сверточная нейронная сеть (СНС). В качестве критерия оценки эффективности сети используется точность распознавания символов: $A_s = \frac{C_{true}}{C_{count}}$, где C_{true} – число корректно распознанных символов; C_{count} – число символов.

В качестве исходных данных выбраны наборы изображений: без искажения (*a*), с различными формами и размерами символов (*b*), с различным наклоном символов (*c*), с Гауссовым шумом (*d*), с символами со сходным написанием (*e*), с шумами печати и ложными знаками (*f*).

Исходя из результатов измерений размеры, углы наклона и формы символов влияют на результат работы СНС незначительно. Значительное влияние оказывают шумы печати и сходное написание символов (табл. 2).

Таблица 2. Точность распознавания символов

Параметр	Вид искажения					
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
A_S	0,9995	0,9936	0,9947	0,9806	0,9312	0,8606

Алгоритм распознавания символов. На основании анализа эффективности методов, решающих проблему наличия искажений на изображениях, предложен алгоритм распознавания, состоящий из следующих этапов:

1. предобработка: применение адаптивного фильтра Винера; применение морфологической операции замыкания в случае наличия шумов печати;
2. сегментация: оценка контрастности изображения; увеличение контрастности при необходимости; применение метода Брэдли–Рота; сегментация символов;
3. распознавание: СНС.

Показатели предложенного алгоритма превосходят аналогичные показатели проанализированных систем распознавания символов (рис. 5).

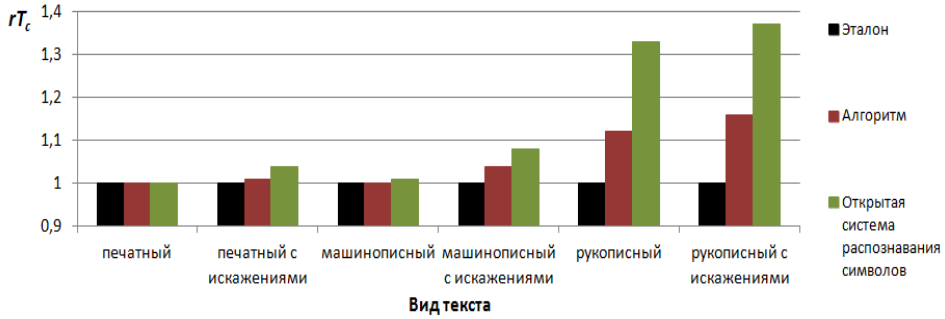


Рис. 5. Зависимость коэффициента корректно распознанных символов (rT_c) от вида текста. Открытая система – Simple OCR для рукописного текста, Tesseract OCR для остальных видов

Литература

1. Погребняк И.В., Тропченко А.Ю. Распознавание символов на изображениях, содержащих искажения // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 5-3(59). – С. 81–86.
2. Погребняк И.В. Анализ эффективности систем оптического распознавания символов // Сб. трудов VII научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». – 2016. – С. 130–133.

3. Соловьев Н.В., Сергеев А.М. Улучшение качества растровых изображений. Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 158 с.
4. Zhou H., Wu J., Zhang J. Digital Image Processing: Part II. – Ventus Publishing ApS, 2010. – 92 p.



Покид Александр Владимиров
Год рождения: 1994
Факультет программной инженерии и компьютерной техники, кафедра вычислительной техники, группа № Р4210
Направление подготовки: 09.04.04 – Программная инженерия
e-mail: a.pokid@mail.ru

УДК 004.822; 004.021

СЛОВАРНЫЙ ПОИСК НА ОСНОВЕ ФОНЕТИЧЕСКОЙ СЛОГОВОЙ МОДЕЛИ СЛОВА

Покид А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Перминов И.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615869 «Методы проектирования ключевых систем информационной инфраструктуры».

В настоящее время происходит глобальный процесс оцифровки данных: все больше данных переводятся в электронной формат. Для извлечения информации из массивов текстовых данных зачастую используются системы семантического анализа текстов. В связи с большими объемами обрабатываемых данных, остро встает проблема скорости их обработки.

Обработка текстов на естественном языке производится в несколько этапов. Первичный этап обработки текста заключается в его чтении и разбиении на токены. Затем, для токенов, представляющих собой слова, производится определение нормальной формы и сопоставление полученных слов с узлами семантической сети. Так как исходный текст может содержать ошибки, то первичная обработка текста также включает в себя и устранение таких ошибок.

Цель работы – уменьшение времени поиска узлов семантической сети при обработке текстов на естественном языке.

Ключевые требования к разрабатываемому алгоритму можно представить следующим образом:

1. разрабатываемый алгоритм должен обеспечивать высокую производительность операции поиска при наличии слова в словаре;
2. в случае отсутствия слова в словаре, разрабатываемый алгоритм должен производить поиск множества слов кандидатов с редакционным расстоянием менее заданного.

Поиск узла семантической сети сводится к задаче словарного поиска, которая может быть решена при помощи ассоциативных массивов (АМ). Узким местом алгоритмов построения АМ является увеличение времени поиска вместе с заполнением словаря большим количеством элементов. На практике наиболее часто используемыми решениями для построения АМ являются хеш-таблицы и деревья поиска [1].

Одной из наиболее эффективных реализаций хеш-таблиц является библиотека Google Sparehash Package. Она показывает время поиска, которое является одним из минимальных в настоящее время [2]. Данная реализация выбрана одной из эталонных в данном исследовании.

Другим способом организации АМ являются красно-черные сбалансированные деревья поиска. Для сравнения скорости поиска в данной работе используется реализация красно-черных деревьев, лежащая в основе таких структур данных, как map- и set-библиотеки STL [3].

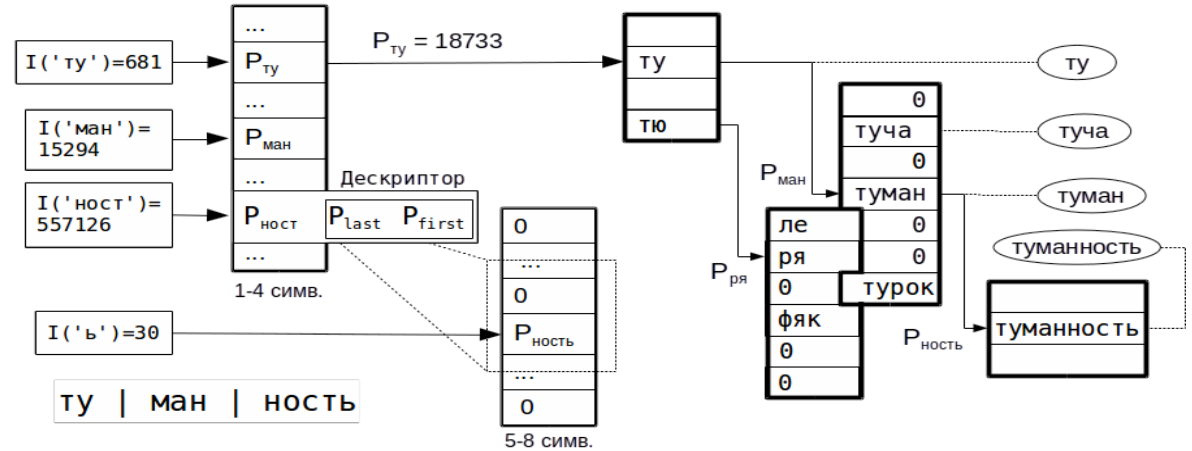
Кроме того, для построения словарного индекса используются префиксные деревья. Время поиска в них не зависит от размера словаря, а зависит от максимальной длины ключа.

Начальным этапом предложенного алгоритма является разбиение токена на составляющие его подстроки. В работе рассматривались такие способы разбиения, как разбиение на *n*-граммы и разбиение на фонетические слоги. Части токена, которые получаются при декомпозиции, когда способ деления не уточнен или не имеет значения в данном контексте, будем называть *x*-граммами. После разбиения для каждой из полученных *x*-грамм вычисляется ее численное представление в соответствии со следующей формулой:

$$I(s) = \sum_{i=0}^{|s|} \left((s_i - A_0) |A|^i \right), \qquad (1)$$

где I – числовое представление токена; s – строка, для которой вычисляется численное представление, в частности *x*-грамма; A – алфавит языка; $|s|$ – длина входной строки; $|A|$ – количество символов в алфавите; A_0 – первый символ алфавита.

В основе структуры данных, используемой в предлагаемом алгоритме, лежит префиксное дерево, в узлах которого располагаются уникальные индексы *x*-грамм. Алгоритм поиска включает в себя два основных этапа: поиск уникального индекса для каждой *x*-граммы, входящей в слово (рис. 1, а), и поиск слова по соответствующему ему множеству уникальных индексов (рис. 1, б).



а б

Рис. 1. Структуры хранения поискового индекса: хранения уникальных числовых идентификаторов *x*-грамм (а); префиксное дерево хранения токенов с сжатием разреженных массивов (б)

Для увеличения производительности операции поиска дочернего узла префиксного дерева, было принято решение о хранении дочерних узлов в массивах. Для получения уникального идентификатора *x*-граммы, вычисляется ее численное представление в соответствии с формулой (1), после чего оно используется в качестве индекса массива.

В ходе выполнения работы было произведено исследование словаря открытого корпуса русского языка, которое показало, что около 87% слогов имеют длину менее 5 символов. По этой причине для уменьшения объема используемой оперативной памяти было принято решение о хранении в массиве значений только для *x*-грамм длиной от 1 до 4 символов, но, вместе с тем, для более длинных *x*-грамм с общим префиксом хранить ссылки на таблицы следующего уровня, где уже хранятся непосредственно их значения.

Кроме того, для уменьшения требуемого объема памяти, в ячейке таблицы первого уровня, кроме ссылки на таблицу следующего уровня, также хранятся и границы индексов в таблице.

После получения уникальных индексов для каждой *x*-граммы слова выполняется следующий этап алгоритма (рис. 1, б). Данный этап на основе полученного множества уникальных индексов выполняет поиск структуры данных, соответствующей полученному упорядоченному множеству уникальных индексов. Ссылки на узлы семантической сети располагаются в узлах полученного префиксного дерева. Кроме того, для увеличения эффективности хранения таблиц в оперативной памяти используется наложение таблиц друг на друга.

Второй частью разрабатываемого алгоритма является алгоритм нечеткого словарного поиска. В рассматриваемом контексте задача нечеткого поиска заключается в генерации множества слов кандидатов, максимально схожих с переданной строкой, и последующем выборе наиболее подходящего. Конечный выбор слова из множества слов кандидатов может определяться различными способами: например, с помощью использования дополнительной семантической информации или информации из контекста слова [4].

Наиболее простым с точки зрения реализации является линейный поиск, при котором производится последовательное применение заданной метрики к элементам словаря. В работе рассматриваются такие метрики, как редакционное расстояние Левенштейна, хеширование по сигнатуре и фонетические метрики.

Другим распространенным способом определения схожести строк является алгоритм, основанный на разбиении на *n*-граммы. Основным достоинством данного алгоритма является наличие возможности предварительной индексации словаря, что дает возможность уменьшить время поиска за счет увеличения требований к объемам занимаемой оперативной памяти.

Также распространение получил метод расширения выборки. Идея данного алгоритма заключается в генерации всех возможных строк с заданным редакционным расстоянием и точным сравнением полученного множества строк с искомой. Данный способ подходит для коррекции строк с небольшим числом ошибок, однако, при большом искомом редакционном расстоянии количество формируемых строк может быть достаточно велико.

Предложенный алгоритм нечеткого поиска также использует сеть *x*-грамм. Для поиска схожих с искомым слов выполняется обход префиксного дерева в глубину. На каждом шаге выполняется нахождение редакционного расстояния между текущей *x*-граммой и ее отображением в токен. Вычисление отображения слога или *n*-граммы в токен производится с помощью алгоритма Нидлмана–Вунша.

Найденные на каждом шаге редакционные расстояния суммируются. Данная сумма, вместе с заданным пользователем максимальным количеством допустимых ошибок используется для ограничения поиска в глубину. Кроме того, для уменьшения мощности множества выбираемых *x*-грамм кандидатов, в работе была предложена предварительная индексация словаря *x*-грамм с использованием хеширования по сигнатуре.

Алгоритм поиска и комплекс вспомогательных программ был реализован на языке C++. Выполнены замеры скорости выборки информации из разработанных структур (рис. 2). Для сравнения с существующими алгоритмами были выбраны стандартные реализации std::map и std::unordered_map, а также входящие в пакет Google sparehash package google::dense_hash_map и google::sparse_hash_map.

При количестве символов менее 15 предложенный алгоритм показывает время работы вдвое меньшее, чем остальные рассматриваемые алгоритмы.

Кроме того, результаты экспериментов с измерением объема занимаемой оперативной памяти, также показали преимущество предложенного алгоритма.

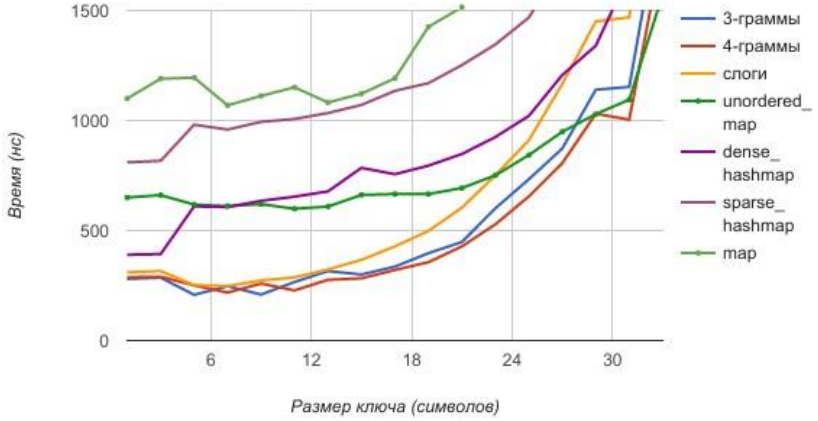


Рис. 2. График зависимости времени точного поиска от размера

Кроме того, также был проведена серия экспериментов, с алгоритмом нечеткого поиска (таблица). Наибольший прирост в скорости достигается при небольшом числе ошибок. Данная зависимость объясняется в первую очередь особенностями работы алгоритма, заключающимися в увеличении количества просматриваемых узлов дерева при увеличении значения порога общего редакционного расстояния.

Таблица. Время нечеткого поиска рассматриваемых алгоритмов

Число ошибок	Предложенный алгоритм, мс			*n*-граммный поиск, мс	Линейный поиск, мс
	Слоги	3-граммы	4-граммы		
1	0,8	0,8	0,9	4	94
2	3	6	8	5	99
3	34	24	68	6	104
4	60	46	73	5	108
5	105	87	111	6	124

Таким образом, в ходе выполнения работы для достижения цели были решены следующие задачи:

1. сформулированы требования, предъявляемые к алгоритму словарного поиска узлов семантической сети. Ввиду особенностей функционирования системы семантического анализа ключевым требованием является скорость выполнения операции поиска, в то время как скорость выполнения операций вставки и удаления не имеет особенных требований к производительности;
2. проанализированы, рассмотрены и соотнесены с сформулированными требованиями различные существующие подходы осуществляющие точный и нечеткий словарный поиск;
3. предложен и реализован алгоритм поиска, отвечающий сформулированным требованиям;
4. проведено экспериментальное сравнение разработанного алгоритма с другими реализациями. Разработанный метод показал уменьшение времени поиска на 51% по

сравнению с выбранными для сравнения. Следует заметить, что при небольшом количестве *x*-грамм в токене (можно интерпретировать как слогов в искомом слове) скорость поиска выше на 59%. Алгоритм нечеткого словарного поиска показал лучшие результаты на небольшом количестве ошибок (менее 5) – прирост в 71% по сравнению с наивным алгоритмом поиска в словаре с помощью алгоритма Левенштейна.

Литература

1. Mehlhorn K., Sanders P. Algorithms and data structures: The basic toolbox. – Springer Science & Business Media, 2008. – 305 p.
2. Google Sparse Hash Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://goog-sparsehash.sourceforge.net, своб.
3. Du Toit S. Working Draft, Standard for Programming Language C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2012/n3337.pdf, своб.
4. Mays E., Damerau F.J., Mercer R.L. Context based spelling correction // Information Processing & Management. – 1991. – V. 27. – № 5. – P. 517–522.



Романова Юлия Николаевна
Год рождения: 1993
Факультет безопасности информационных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № Р4255
Направление подготовки: 10.04.01 – Информационная безопасность
e-mail: romanova.iuli@gmail.com

УДК 004.056.5

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕСТИРУЮЩИХ И ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ НА WEB-САЙТАХ

Романова Ю.Н.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Ткалич В.Л.

В современном мире люди постоянно создают новые знания путем взаимодействия с окружающим их миром. Однако перед тем как полученные знания будут использованы на благо человечества, они должны быть распространены и усвоены той частью людей, для которой они предназначались. Для достижения, в том числе, этих целей сегодня активно развиваются и используются современные информационные технологии.

Государственные структуры Российской Федерации (РФ), в том числе и Министерство внутренних дел (МВД), не являются исключением из множества организаций, заинтересованных в развитии этой области знаний. Информационный центр главного управления (ИЦ ГУ) МВД России по г. Санкт-Петербургу проводит специальные мероприятия по поддержанию и повышению квалификации сотрудников МВД, что включает в себя обучение сотрудников новым, хорошо зарекомендовавшим себя практикам, а также контроль за соблюдением требований к уровню текущей подготовки. ИЦ ГУ МВД по г. Санкт-Петербургу имеет в своем распоряжении множество различных средств вычислительной техники и программного обеспечения

(ПО), которое используется для обработки, циркулирующей в нем информации, однако на сегодняшний день эти средства не позволяют в полной мере решить поставленную задачу.

Повысить уровень автоматизации, тем самым снизить издержки при проведении плановых контрольных мероприятий, повысив точность отчетного контроля, что в итоге приведет к повышению уровня персональной ответственности сотрудников, можно с помощью использования специально разработанных организационно-технических мер и подбору готового или разработке нового специального ПО.

Основной сложностью при поиске решения данной задачи является то, что необходимо учитывать специфику и особые требования к защите, обрабатываемой в ведомстве информации. В силу узкой области применения подобного ПО, оно не может быть представлено на рынке, а более общие решения должны, как минимум, иметь сертификаты на соответствие требуемому уровню защищенности, а также должны быть соответствующим образом сконфигурированы и доработаны, что вообще может оказаться экономически неэффективным по сравнению с разработкой собственного ПО с использованием самых базовых средств разработки.

Разрабатываемая система с помощью имеющихся ведомственных аппаратных и программных средств будет обеспечивать возможность своевременного планового прохождения учебных и контрольных мероприятий, суть которых заключается в необходимости ознакомления сотрудников с новой информацией, представленной в виде текста, изображений, схем и диаграмм, а также возможностью прохождения сотрудниками персональных тестов, состоящих из задания (вопроса или задачи) и ответа, который может быть представлен как в свободной (текстовой) форме, так и виде варианта с выбором ответа из нескольких представленных. Результаты прохождения тестов должны быть доступны оценивающим экспертам, начальству соответствующих тестируемым управлений, а также должна присутствовать возможность получения статистических данных соответствующим отделом. При всем выше сказанном, система должна удовлетворять всем установленным для ведомства инструкциям и требованиям к защищенности информационных систем.

После анализа технического оснащения и территориального распределения в рабочем состоянии было принято решение о реализации системы в виде трехслойной модели, с целью максимального удешевления процесса создания и поддержания системы. Первый слой представляет собой так называемый «тонкий клиент» – web-браузер и не хранит в себе данных. Рабочие станции располагаются в местах проведения тестирования. Второй слой состоит из сервера, расположенного в категорированном помещении в отдельном здании, работающем на ОС Solaris и сборке web-сервера XAMPP (содержит в себе Apache, MySQL, PHP and phpMyAdmin). Вся логика работы системы написана на PHP. Третий слой представляет собой удаленный сервер баз данных (БД), который хранит особо защищенные данные, используя систему управления БД MySQL.

С целью избежать написания основного ядра сайта на PHP «с нуля», был произведен анализ самый развитых и распространенных систем управления контентом на уязвимости и функциональные возможности, а именно: Wordpress, Joomla, Drupal, TYPO3, ModXCMS, Silver Stripe, Contao, Umbraco, Alfresco, DotCMS, CMS Made Simple [1].

На рис. 1 представлена статистика уязвимостей систем управления контентом за 2016 год по данным компании QuinStreet.

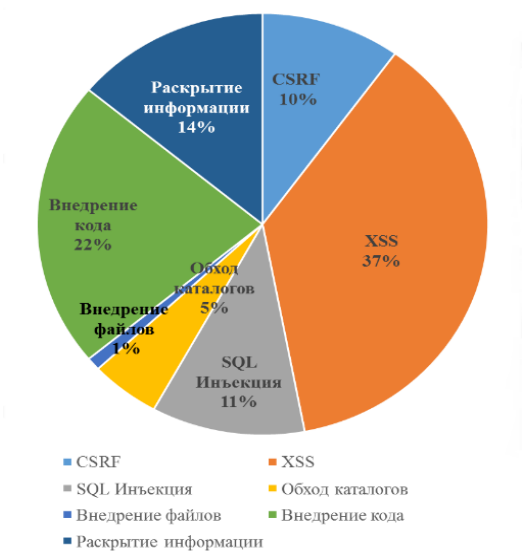


Рис. 1. Статистика уязвимостей за 2016 год по данным QuinStreet

Почти все найденные уязвимости после публикации были реализованы в виде автономных программ, которые не требует квалификации или особой подготовки, т.е. использовались обычными пользователями, которые атаковали распространенные системы управления контентом.

В результате анализа модели нарушители и угроз было принято решение не использовать системы управления контентом в чистом виде, а использовать их принципы для создания новой системы.

Разработанная система уже на этапе планирования готовилась противостоять атакам, таким как: переполнение буфера, атаки уровня сессии, межсайтовые скриптинг, SQL-инъекция, внедрение файлов, повышение привилегий, раскрытие путей к файлам, используя лучшее из исследованных систем управления контентом [2].

В основе системы лежит ролевая модель доступа, разделяющая всех пользователей системы на 6 групп согласно ролям:

1. начальник управления;
2. администратор учетных записей;
3. тестируемый сотрудник;
4. проверяющий эксперт;
5. аналитик (статистика);
6. администратор системы.

Условно работу всей системы можно представить в виде циклов. Один цикл начинается с момента подписания приказа об очередном этапе тестирования. После получения приказа ИЦ ГУ МВД РФ отправляет запрос каждому Начальнику управления о предоставлении списка подлежащих тестированию сотрудников. Администратор учетных записей получает списки от Начальников управления. Реквизиты в виде пары логин/пароль для вновь созданных учетных записей отправляются Начальникам управления, после чего тот раздает их сотрудникам под персональную ответственность. Точно такая же схема применяется для работы с учетными записями Аналитиков и Проверяющих экспертов и списками от ответственного за проведение. Ответственный за проведение тестирования составляет графики тестирования и отправляет их Администратору, который добавляет время тестирования в систему. Каждому тестируемому сотруднику приходят уведомления о дате и времени проведения тестирования на внутреннюю почту. В назначенное время сотрудники проходят созданные для них персональные тесты, которые ограничены по

времени с момента начала тестирования. Проверяющие эксперты по завершению тестирований получают уведомление на внутреннюю почту о новых работах, которые им требуется проверить. Учетные записи Проверяющих экспертов имеют ответы сотрудников для проверки в обезличенном виде. Результаты проверки группируются на сервере, сохраняются в БД, после чего отправляются Начальникам управлений соответствующих сотрудников.

Разработка схемы БД начиналась с 9 абстрактных таблиц. В процессе создания системы количество реальных рабочих таблиц в MySQL разрослось до сотни.

На рис. 2 приставлен интерфейс входа в систему. Он доступен из браузера рабочей станции.

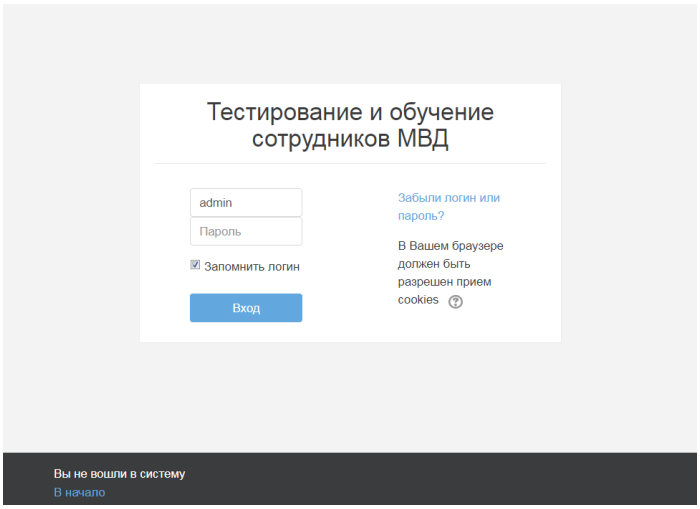


Рис. 2. Интерфейс пользователя при входе в систему

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

- произведен детальный анализ широкого спектра методов разработки современного ПО;
- подобрано оптимальное решение, т.е. выбрана модель, наиболее соответствующая физической и структурной организации работы в ведомстве, а также произведена формализация методов конструирования web-сайтов с использованием систем управлением контентом;
- разработана актуальная модель нарушителя, модель угроз для информационной системы персональных данных (ИСПД) «Тестирование и обучение сотрудников»;
- дополнен базовый перечень мер для ИСПДн «Тестирование и обучение сотрудников»;
- построено web-приложение «Тестирование и обучение сотрудников». Система построена на основе двух компонентов: базы данных MySql и интерфейса управления содержимым, реализованным с помощью технологии PHP. При создании данного приложения учитывались сформулированные рекомендации безопасности web-содержимого;
- разработана ролевая модель, соответствующая структуре работы ведомства, однако ее можно распространить на системы тестирования подобного рода;
- выполнено тестирование системы с учетных записей, имеющих различные роли.

В настоящий момент разработанная в работе система проходит техническую апробацию и подлежит корректировке в соответствии с внутренними правилами работы ведомства, одновременно с этим осуществляется разработка организационно-правовой части системы, а также руководств пользователя и администратора для каждой роли в системе.

Литература

1. Колисниченко Д. PHP 5/6 и MySQL 6. Разработка web-приложений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 2-е изд. – 537 с.
2. Жуков Ю.В. Основы веб-хакинга. Нападение и защита. Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2010. – 176 с.



Сафронова Анастасия Николаевна
Год рождения: 1994
Факультет систем управления и робототехники,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № Р4247с
Направление подготовки: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: safronova.n1@bk.ru

УДК 62-523.8

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Сафронова А.Н.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Субботин Д.А.

Современное состояние различных областей промышленности характеризуется большим многообразием технологических процессов. Условия их функционирование и требования к задачам автоматизации и управления сильно индивидуализированы. Поэтому программируемые логические контроллеры (ПЛК), обладающие широкими функциональными возможностями, востребованы на рынке средств и систем автоматизации. Прогресс в области физического совершенствования полупроводниковой элементной базы стремительно привел к совершенствованию ПЛК как в техническом, так и в алгоритмическом направлении. Расширяются линейки ПЛК. Появляются возможности формирования новых алгоритмов управления.

Разнообразие ПЛК с различными структурными, техническими и функциональными характеристиками ставит перед разработчиками средств и систем автоматизации не простую задачу выбора из большого количества ПЛК нужного, для решения той, или иной, задачи.

Оценка кадрового состава промышленных предприятий показала, что подготовка специалистов, обладающих навыками работы с ПЛК, является актуальной задачей. В связи с этим было решено разработать лабораторно-практический комплекс, включающий в себя стенд «Средства промышленной автоматизации на базе контроллеров ОВЕН» и методическое пособие к нему, позволяющий получить максимум базового набора знаний по программированию ПЛК.

По результатам анализа продукции фирм-производителей ПЛК (Siemens, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, ABB, Omron, ОВЕН и др.) в качестве основного управляющего элемента специализированного лабораторного стенда был выбран контроллер фирмы «ОВЕН» – ПЛК154-А-М.

Отличительными особенностями данного контроллера являются [1]:

– отсутствие операционной системы, что повышает отказоустойчивость контроллера;

– увеличенное количество интерфейсов и маленькое количество точек ввода/вывода;
– оснащение контроллера портом Ethernet, а также несколькими портами RS-232 и RS-485;
– поддержка протоколов ModBus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCon, а также возможность подключения внешних устройств с нестандартными протоколами за счет работы с портами контроллера напрямую;
– выгодное соотношение цена/качество.

Для программирования логических контроллеров фирмы «ОВЕН» используется универсальная среда программирования CoDeSys. CoDeSys является простой средой для программирования промышленных контроллеров на языках стандарта международной электротехнической комиссии (МЭК) 61131-3 [2]:
– Function Block Diagram (FBD);
– Ladder Diagram (LD);
– Structured Text (ST);
– Instruction List (IL);
– Sequential Function Chart (SFC).

Некоторые из возможностей среды программирования CoDeSys:
– глобальный поиск и замена;
– генерация и использование библиотек;
– контекстно-зависимая справочная система;
– список перекрестных ссылок;
– проверка неиспользованных переменных;
– создание и выполнение макрокоманд, их исполнение из командных (пакетных) файлов.

Стенд включает в себя следующие элементы: ПЛК фирмы ОВЕН ПЛК 154-А-М, панель оператора ОВЕН ИП320, твердотельное реле KIPPRIBOR HD-2525.LA, модуль ввода параметров электрической сети ОВЕН МЭ110-224.1М, лампа накаливания, блок питания ОВЕН БП30Б-Д3 [1].

Стенд представляет собой конструкцию, основанием которой является короб, на верхней части которого расположены DIN-рейка, панель ИП320, твердотельное реле, лампа накаливания другие элементы. Корпус защищает большую часть проводов от повреждений и износа. На рис. 1 представлен стенд «Средства промышленной автоматизации на базе контроллеров ОВЕН» [3].

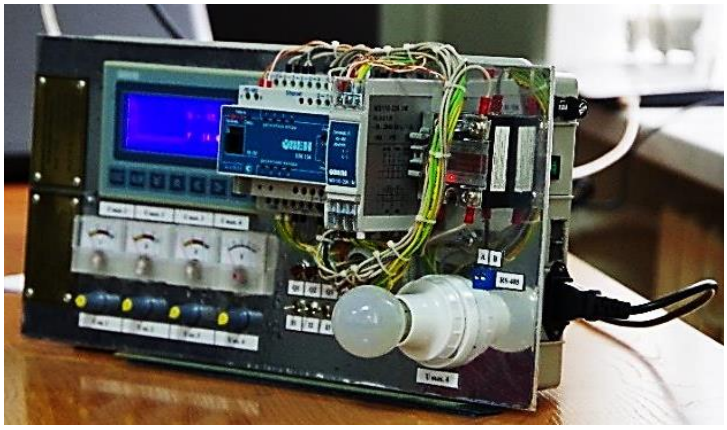


Рис. 1. Стенд «Средства промышленной автоматизации на базе контроллеров ОВЕН»

Для того чтобы включить стенд «Средства промышленной автоматизации на базе контроллеров ОВЕН» в учебный процесс, на базе среды программирования CoDeSys

было разработано методическое пособие, которое содержит эталонные математические модели типовых процессов автоматизации (процесс автоматического управления водоотливной установкой и управления конвейером), разработанные примеры для автоматизации процесса управления водоотливной установки и лабораторно-практический комплекс, состоящий из четырех лабораторных и трех практических работ:

– лабораторная работа №1 «Ознакомление со средой разработки CoDeSys»;
– лабораторная работа №2 «Изучение языков программирования ПЛК на базе среды разработки CoDeSys»;
– лабораторная работа №3 «Создание программного приложения «Световой эффект»» средствами CoDeSys»;
– лабораторная работа №4 «Создание программного аналога АСУ ТП средствами CoDeSys».

Одним из типовых процессов автоматизации, выбранных в качестве примера для создания системы автоматизированного управления, является процесс управления водоотливной установкой.

Задача водоотливной установки сводится к откачке воды из сливной ямы шахтной выработки, т.е. поддержание постоянного уровня воды в яме. Не допускается превышение уровня воды выше аварийного уровня.

На каждом уровне установлены дискретные датчики уровня жидкости с двумя выходными логическими состояниями: истина и ложь (1 и 0). Также, в системе имеется датчик давления, предназначенный для контроля наличия воды в насосной системе. Датчики подключаются ко входам ПЛК.

Управляющие программы процесса откачки воды написаны на всех пяти языках стандарта МЭК 61131-3. На рис. 2 представлен экранный фрагмент конфигурации контроллера, входные и выходные переменные, а также листинг программы для математической модели водоотливной установки, написанной на языке FBD.

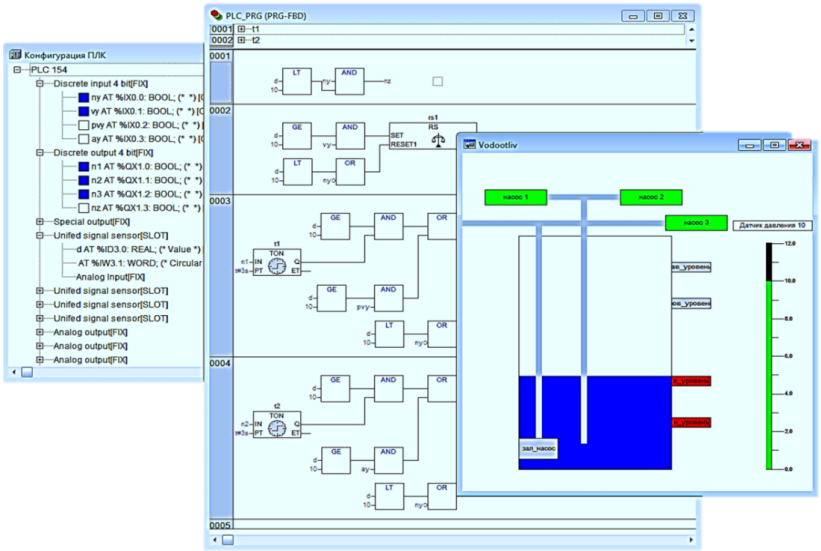


Рис. 2. SCADA-реализация системы автоматизированного управления водоотливной установкой

Лабораторные работы на специализированном стенде позволяют изучить среду программирования CoDeSys и получить навыки управления средствами контроллера ОВЕН ПЛК 154-А-М физических объектов (водоотливными установками, конвейерами, другими технологическими процессами, установками и агрегатами).

В работе получены практические результаты, позволяющие обеспечить повышении качества учебного процесса за счет:

– использования современных средств и систем автоматизации производственных процессов;
– возможности работы с аналоговыми и дискретными физическими переменными;
– закрепления полученных знаний в процессе выполнения лабораторных и практических работ.

Логически обоснованная последовательность этапов разработки является еще одним положительным методическим и научным результатом работы, включающим:

1. анализ рынка ПЛК. Выявленные перспективные направления развития рынка ПЛК;
2. формализованные по результатам анализа требования, а также структура и алгоритмы функционирования лабораторно-практического комплекса;
3. создание проекта и конструкции специализированного лабораторного стенда «Средства промышленной автоматизации на базе контроллеров ОВЕН»;
4. методическое обеспечение к специализированному лабораторному стенду;
5. эталонные математические модели типовых процессов автоматизации;
6. специализированное программное обеспечение стенда, позволяющее дополнительно решать задачи:
   – сбор и хранение экспериментальных данных;
   – анализ и формирование отчета по результатам исследования.

Литература

1. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегуляторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru, своб.
2. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys. – 2006. – 250 с.
3. Паршина Г.И., Сафронова А.Н., Гайнутдинов Р.М., Жумагулова Д.К. Разработка лабораторно-практического комплекса на базе оборудования фирмы ОВЕН и среды программирования CoDeSys // Автоматика. Информатика. – 2015. – № 2(37). – С. 39–43.



Сергеев Денис Александрович
Год рождения: 1993
Физико-технический факультет, кафедра физики,
группа № В4225
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: mad_fellow@mail.ru

УДК 681

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

Сергеев Д.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.

При исследованиях нестационарных тепловых режимов в объектах или технологических процессах с помощью различных типов преобразователей нестационарного теплового потока (ПТП) всегда возникают вопросы, связанные динамическими характеристиками используемых ПТП. Это вызвано, прежде всего, тем, что неопределенности измерения искомых параметров существенно зависит от

динамических характеристик ПТП. И эта неопределенность тем выше, чем больше скорость измерения измеряемого параметра [1, 2].

Сущность метода, заключается в получении и использовании дифференциально-разностных моделей (ДРМ) процессов теплопереноса в системе тел ПТП – объект исследования. Ниже дано его краткое описание, приведены примеры получения динамических характеристик и передаточной функции для ПТП в виде полуограниченного тела.

В литературе встречаются различные определения полупространства. В частности в [3] для реализации полупространства принимается условие:

$$\delta = \frac{t(l,\tau) - t_0}{t(0,\tau) - t_0} \le 0,05, \qquad (1)$$

где l – линейный размер полупространства; t_0 – начальная температура; $t(l, \tau)$ – температура на глубине l по истечении времени τ внешнего воздействия; $t(0, \tau)$ – температура на поверхности полупространства по истечении времени τ внешнего воздействия.

При этом в случае, когда δ=0,05, глубина прогретой зоны будет равна

$$l = 2,36\sqrt{a\tau}, \qquad (2)$$

где a – коэффициент температуропроводности; τ – время.

При таком подходе глубина прогретой зоны не зависит от величины действующего теплового потока. А при значительном воздействии, хотя и будет выполняться условие (1), температура $t(l, \tau)$ на глубине l может значительно отличаться от начальной температуры, что нежелательно, так как при этом температура поверхности будет определяться со значительной погрешностью, которая будет расти по мере роста температуры $t(l, \tau)$ (рис. 1).

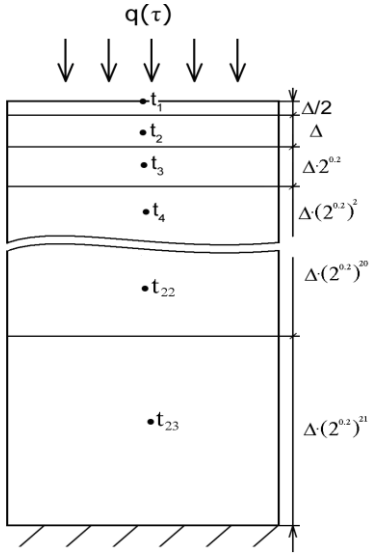


Рис. 1. Топология ПТП типа «полупространство»

Учитывая вышеизложенное, в данной работе принимается следующее условие для реализации полупространства:

$$t(l,\tau) - t(l,o) \le \delta. \qquad (3)$$

Причем величина δ должна быть минимальной, насколько это возможно. Измеряется температура поверхности.

Тогда, теплоперенос в ПТП может быть описан системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно составляющих t_i вектора состояния $\vec{T}(\tau)$, которая в векторно-матричной форме имеет вид [4]:

$$\frac{d}{d\tau}\vec{T}(\tau) = F\vec{T}(\tau) + G\vec{U}(\tau). \qquad (4)$$

Получение ДРМ для данного ПТП выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} q(\tau)S = c_1\dfrac{dt_1}{d\tau} + \dfrac{\lambda S}{\Delta}(t_1 - t_2), \\ \dfrac{\lambda S}{\Delta}(t_1 - t_2) = c_2\dfrac{dt_2}{d\tau} + \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_2 - t_3), \\ \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_2 - t_3) = c_3\dfrac{dt_3}{d\tau} + \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}2^{0,2}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_3 - t_4), \\ \ldots, \\ \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}\left(2^{0,2}\right)^{19}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_{21} - t_{22}) = c_{22}\dfrac{dt_{22}}{d\tau} + \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}\left(2^{0,2}\right)^{20}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_{22} - t_{23}), \\ 0 = c_{23}\dfrac{dt_{23}}{d\tau} + \dfrac{\lambda S}{\frac{\Delta}{2}\left(2^{0,2}\right)^{21}\left(1+2^{0,2}\right)}(t_{23} - t_{22}), \end{cases} \qquad (5)$$

где S – площадь поверхности тепломера; C_i – теплоемкость i-го блока; t_i – температура i-го блока; Δ – толщины слоев; q_1 – поток поглощенный ПТП сверху.

Таким образом, получаем математическую модель теплопереноса, которая в векторно-матричной форме имеет вид уравнения

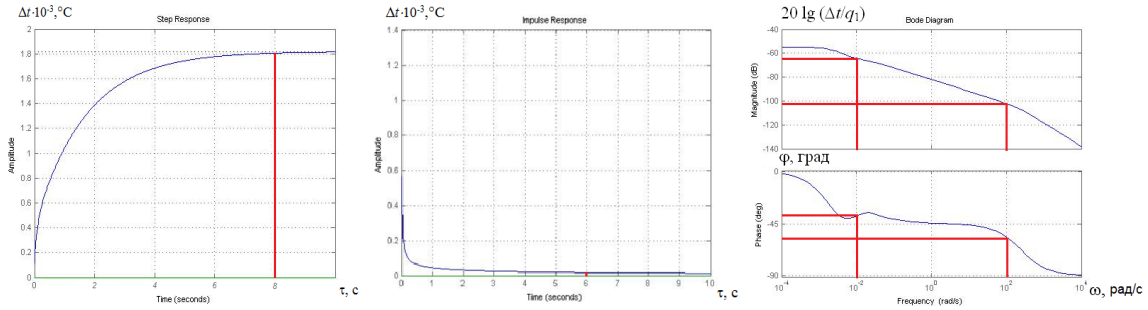
$$F = \begin{vmatrix} -\frac{2a}{\Delta^2} & \frac{2a}{\Delta^2} & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ \frac{2a}{\Delta^2} & -\frac{2a}{\Delta^2}\left(1+\frac{2}{1+2^{0,2}}\right) & \frac{2a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(1+2^{0,2}\right)} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \ldots & \frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{-5+2i}\left(1+2^{0,2}\right)} & -\frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{-4+2i}} & \frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{-4+2i}\left(1+2^{0,2}\right)} & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & \frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{39}\left(1+2^{0,2}\right)} & -\frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{40}} & \frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{40}\left(1+2^{0,2}\right)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & \frac{a}{\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{41}} & -\frac{\Delta^2}{2}\left(2^{0,2}\right)^{41}\left(1+2^{0,2}\right) \end{vmatrix},$$

где F – матрица обратных связей.

$G = \begin{bmatrix} \frac{2}{c\rho\Delta} & 0 \\ 0 & 0 \\ \ldots & \ldots \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ – матрица управления; $\vec{T}(\tau) = \begin{bmatrix} t_1(\tau) \\ t_2(\tau) \\ \ldots \\ t_{23}(\tau) \end{bmatrix}$ – вектор состояния;

$H = [1\,0\,0\ldots0\,0]$ – матрица измерений; $\vec{U} = \begin{vmatrix} q_1(\tau) \\ 0 \end{vmatrix}$ – вектор управления.

В дальнейшем, получение динамических характеристик при наличии матриц *F*, *G* и *H* не представляет особого труда. Для это используем пакет программ MATLAB, в котором находим соответствующий код, подставляем численные значения указанных матриц и получаем переходную, импульсную, амплитудно- и фазочастотную характеристики, а также вид передаточной функции (рис. 2).



а б в

Рис. 2. Характеристики ПТП: переходная (а); импульсная (б); амплитудно- и фазочастотная (в)

Отметим, что динамические характеристики полученные в среде MATLAB при единичном тепловом воздействии, т.е. q_1=1 Вт/м^2 [5].

Общий вид передаточной функции $W(s)$, получен также при известных матрицах *F*, *G* и *H* в среде MATLAB имеет вид:

$$W(s)=\frac{\begin{array}{l}1,25\cdot10^{-3}s^{22}+0,2444s^{21}+19,36s^{20}+826,6s^{19}+\\+2,135\cdot10^{4}s^{18}+3,548\cdot10^{5}s^{17}+3,943\cdot10^{6}s^{16}+\\+3,005\cdot10^{7}s^{15}+1,597\cdot10^{8}s^{14}+5,99\cdot10^{8}s^{13}+\\+1,597\cdot10^{9}s^{12}+3,039\cdot10^{9}s^{11}+4,128\cdot10^{9}s^{10}+\\\ldots\end{array}}{\begin{array}{l}+s^{23}+243,4s^{22}+2,371\cdot10^{4}s^{21}+1,232\cdot10^{6}s^{20}+\\+3,84\cdot10^{7}s^{19}+7,654\cdot10^{8}s^{18}+1,015\cdot10^{10}s^{17}+\\+9,183\cdot10^{10}s^{16}+5,778\cdot10^{11}s^{15}+2,56\cdot10^{12}s^{14}+\\+8,052\cdot10^{12}s^{13}+1,807\cdot10^{13}s^{12}+2,9\cdot10^{13}s^{11}+\\\ldots\end{array}}.$$

В заключение отметим, что рассмотренный метод и полученные динамические характеристики позволяют как на стадии проектирования ПТП, так и при экспериментальных исследованиях, провести оценку неопределенности измеренных параметров и дать рекомендации по достижению оптимальной неопределенности измерения искомых параметров при использовании различных типов преобразователей нестационарного теплового потока. В частности, были использованы динамические характеристики рассмотренного ПТП при определении тепловой защиты летательных аппаратов и определении нестационарных тепловых потоков в гиперзвуковых ударных трубах совместно с центральным аэрогидродинамическим институтом имени профессора Н.Е. Жуковского [6].

Литература

1. Пилипенко Н.В., Сергеев Д.А. Динамические характеристики преобразователей нестационарного теплового потока // Приоритеты и научное обеспечение

технологического прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 108–114.
2. Пилипенко Н.В., Сергеев Д.А., Бикмухаметов И.В., Аблов Д.В. Производство и применение биогаза в энергетических системах // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 4. – С. 299–302.
3. Дульнев Г.Н., Тихонов С.В. Теория тепло- и массообмена. Точные методы решения задач теплопроводности и диффузии. – Л.: ЛИТМО, 1981. – 80 с.
4. 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.
5. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплометрии на основе решения обратных задач теплопроводности. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 180 с.
6. Пилипенко Н.В. Восстановление нестационарных тепловых потоков на основе решения обратных задач теплопроводности // Изв. вузов. Приборостроение. – 2017. – № 7. – С. 46–51.



Смирнова Юлия Денисовна
Год рождения:1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра лазерных технологий и систем, группа № B4216
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: yuliasmirnova93@gmail.com

УДК 681.7.063

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПИСИ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА В АНИЗОТРОПНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ ОТ ОРИЕНТАЦИИ ОСИ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ

Смирнова Ю.Д.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Варжель С.В.

Введение. Возможность модуляции оптического показателя преломления (ПП) материала лазерным излучением используется в производстве различных элементов световодной фотоники, в том числе волоконных брэгговских решеток (ВБР). ВБР в настоящее время имеют широкое распространение в науке и технике. Одной из областей применения является использование их в различных системах высокоточных измерений, способных контролировать параметры окружающей среды, такие как: температура, влажность, давление, измерение концентрации газов и загрязняющих компонентов в воздухе [1]. Системы контроля на основе ВБР широко используются в авиационной и космической промышленности, судостроении, гражданском строительстве, нефте- и газодобыче. Так, установленные тензометрические датчики на крыльях самолета позволяют оценивать динамические изгибающие моменты, тем самым контролировать их форму и другие деформации и перегрузки во время полета. Разрабатываемые на основе таких оптических волокон (ОВ) гидроакустические антенны, акселерометры, системы охраны, системы мониторинга находят все более широкое применение на отечественном и зарубежном рынках. Отличительной особенностью этих систем является большая протяженность контролируемых зон,

быстродействие и уникальные информационные возможности, позволяющие контролировать исследуемые параметры в режиме реального времени. Полностью волоконное исполнение, не требующее дополнительного электропитания, позволяет использовать волоконно-оптические датчики в экстремальных условиях, исключая помехи электромагнитного и радиационного воздействия. Также такие дифракционные структуры широко используются в волоконных и полупроводниковых лазерах, пара записанных решеток выступает в качестве резонатора. В лазерах с дисперсионным внешним резонатором, в качестве которого используется дифракционная решетка, осуществляется перестройка длин волн излучения в широком диапазоне [2].

Отработка технологии записи, распределенных в световоде ВБР, является ключевым звеном в создании нового поколения измерительных комплексов.

Повышение точности таких измерительных комплексов диктует необходимость использования анизотропных одномодовых волоконных световодов (АОВС), сохраняющих поляризацию излучения, сердцевина которых отличается от традиционных ОВ высоким уровнем двулучепреломления.

В данной работе рассматриваются ВБР, которые были записаны в АОВС российского производства. Исследование таких волокон и создание на их основе измерительных комплексов соответствует современным тенденциям и делает данную работу актуальной.

Возникновение анизотропии ПП служит причиной различия оптических свойств составляющих частей ОВ. Некоторые свойства, например, поглощение излучения материалом, влияют на эффективность записи различных структур в АОВС. Следовательно, положение составляющих частей ОВ необходимо учитывать при записи ВБР.

Таким образом, **целью работы** является: исследование зависимости эффективности записи волоконных решеток Брэгга в анизотропных оптических волокнах от ориентации оси двулучепреломления (ОД).

Основная часть. Исследование зависимости эффективности записи ВБР от ориентации ОД и отработка записи осуществлялась по двум методикам определения и позиционирования ОД.

Первая методика заключается в наблюдении за интерференционной картиной рассеивания вперед при освещении боковой поверхности волокна излучением когерентного источника, который позволяет точно определить необходимое положение для записи ВБР на любом расстоянии от торца ОВ. Для записи ВБР была использована установка, представленная на рис. 1, с возможностью осуществления контроля ориентации ОД.

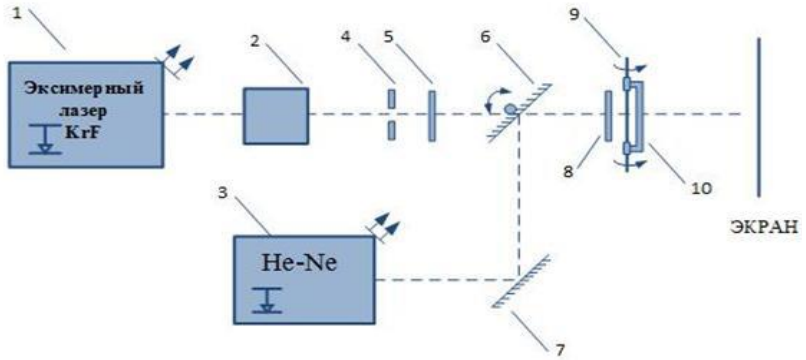
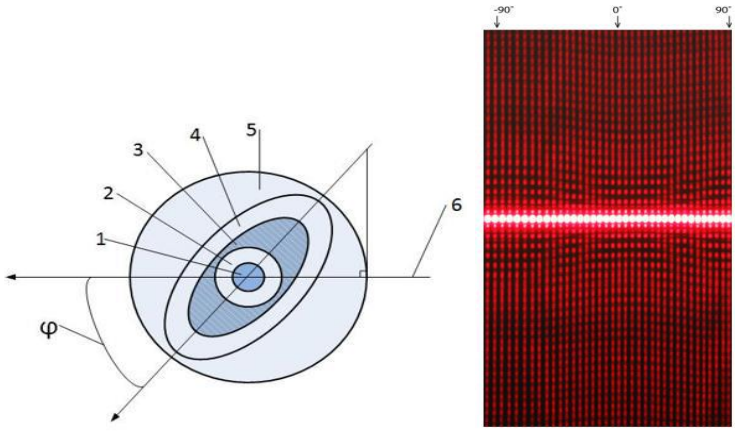


Рис. 1. Схема записи ВБР, где 1 – KrF-эксимерным лазер; 2 – аттенюатор; 3 – He-Ne-лазер; 4 – щель; 5 – цилиндрическая линза; 6 – поворотное зеркало; 7 – зеркало; 8 – фазовая маска; 9 – волоконный световод; 10 – угловой микропозиционер

He-Ne-лазер облучает ОВ, в результате наблюдается интерференционная картина рассеяния вперед. Интерференционная картина рассеяние вперед в зависимости от угла поворота представлена на рис. 2, б. Схематическое изображение положения, исследуемого ОВ относительно направления распространения пучка He-Ne-лазера представлено на рис. 2, а.



а б

Рис. 2. Схематичное изображение ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой, где 1 – сердцевина; 2 – изолирующая оболочка; 3 – напрягающая оболочка; 4 – защитная оболочка; 5 – конструктивная оболочка; φ – угол между направлением распространения пучка He-Ne-лазера и медленной ОД ОВ; 6 – направление распространения пучка He-Ne-лазера (а); коллаж из интерференционных картин рассеивания вперед, каждая из которых представляет вертикально ориентированный набор минимумов и максимумов, значение угла φ соответствует ориентации волокна на рис. 2, а (б)

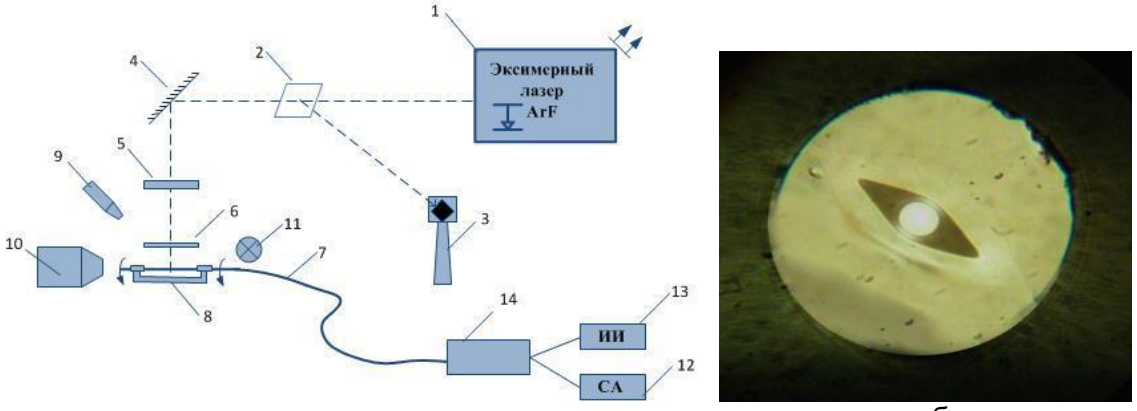
Из интерференционных картин рассеяния вперед был составлен коллаж (рис. 2, б), каждый элемент в котором соответствует отдельному эксперименту с шагом 5°. Коллаж представляет собой набор максимумов и минимумов интерференционной картины и позволяет ориентировать ОД непосредственно перед записью ВБР.

Запись ВБР типа I производилась при двух положениях ОВ: при медленной ОД, ориентированной перпендикулярно и параллельно направлению распространения излучения лазера. Первому положению соответствует угол φ=90°, второму, соответственно, φ=0°.

Второй способ позиционирования реализован с помощью осмотра сколотого или отполированного торца ОВ в микроскопе с большим увеличением с использованием дополнительного освещения белым светом. Такая методика является более простым в реализации способом контроля позиционирования ОД. Для записи ВБР методом фазовой маски использовался ArF-эксимерный лазер, излучающий на длине волны λ=193 нм, с длительностью импульса 17 нс и средней мощностью 5 Вт. Схема записи ВБР представлена на рис. 3, а, где 1 – ArF-эксимерный лазер; 2 – полупрозрачная пластина; 3 – измеритель энергии; 4 – зеркало; 5 – цилиндрическая линза; 6 – фазовая маска; 7 – исследуемый образец ОВ; 8 – поворотный магнитный держатель ОВ; 9 – микроскоп 1; 10 – микроскоп 2; 11 – лампа белого света; 12 – оптический спектроанализатор; 13 – источник излучения; 14 – Y-ответвитель.

Для определения положения напрягающих осей, световод закрепляется в поворотном магнитном держателе, с помощью которого осуществляется выбор положения ОД световода, лампа белого света используется в качестве дополнительного освещения. Оптический микроскоп 10 фокусируется на торец ОВ, в

результате получаем изображение поперечного сечения ОВ (рис. 3, б), по которому осуществляется контроль положения ОД.



а б

Рис. 3. Схема записи ВБР ArF-эксимерным лазером (а); фотографическое изображение торца ОВ (б)

Запись ВБР типа II проходила в одноимпульсном режиме, при энергии в импульсе 50, 60 и 70 мДж, что с учетом условий фокусировки цилиндрической линзой соответствовало плотностям энергии излучения лазерного импульса на ОВ примерно 330, 400 и 470 мДж/см^2. Запись производилась при двух положениях ОВ: при медленной ОД, ориентированной перпендикулярно и параллельно направлению распространения излучения эксимерного лазера.

Экспериментальные результаты записи ВБР типа I KrF эксимерным лазером в анизотропное ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой с учетом положения ОД показали, что эффективнее производить запись при позиционировании медленной оси световода параллельно направлению излучения пучка эксимерного лазера. Экспериментальные результаты записи ВБР типа II ArF эксимерным лазером в анизотропное ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой с учетом положения ОД показали, что запись осуществляется эффективнее при позиционировании медленной оси световода перпендикулярно направлению излучения пучка эксимерного лазера.

Для исследования поляризационных преобразований в двулучепреломляющем ОВ с ВБР использовался метод широкополосной интерферометрии с применением поляризационного интерферометра Майкельсона. Были использованы образцы двулучепреломляющих ОВ с индуцированной ВБР типа II. Результаты исследования показали, что для образца, положение ОД в котором ориентировано под 90° относительно направления излучения эксимерного лазера, уровень поляризационных преобразований в среднем на 5 дБ меньше, по сравнению с образцом, в котором ВБР записывалась в положении ОД под 45° относительно излучению эксимерного лазера.

Таким образом, проведенное исследование образцов с записанными ВБР подтвердило, что ориентация ОД при записи решетки влияет на величину поляризационных преобразований на дифракционной структуре.

Заключение. В результате работы реализованы схемы записи ВБР с возможностью предварительной ориентации ОД оптического волокна для схемы записи с ArF и KrF эксимерными лазерами. Экспериментально получено, что на эффективность записи ВБР влияет ориентация ОД анизотропного световода по отношению к лазерному излучению, записывающему решетку.

В экспериментальной части со схемой записи ArF-эксимерным лазером выявлено, что в одноимпульсном режиме запись ВБР типа II в анизотропное ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой эффективнее при позиционировании медленной оси световода

перпендикулярно направлению излучения пучка эксимерного лазера. Этот результат противоположен результатам записи ВБР типа I излучением KrF эксимерного лазера в такой же волоконный световод [3], где для более эффективной записи следует располагать медленную ОД параллельно излучению эксимерного лазера. Можно предположить, что при записи ВБР типа I, где используются существенно меньшие плотности энергии, излучение, падающее со стороны длинной оси напрягающего эллипса (медленная ОД), дополнительно фокусируется, ввиду меньшего радиуса кривизны по сравнению с фокусировкой в случае падения излучения со стороны короткой оси напрягающего эллипса. В свою очередь, при записи ВБР типа II, где используются существенно большие плотности энергии, а кроме того, решетки локализуются на границе раздела сердцевина-оболочка [4], на первый план выходит большее поглощение напрягающей оболочки, легированной различными элементами, по сравнению с конструктивной оболочкой только из диоксида кремния.

Стоит отметить, что использованные методики применимы и для любых других типов двулучепреломляющих ОВ. В результате записи ВБР обе экспериментальные установки показали наличие явной зависимости эффективности записи от ориентации ОД анизотропного волоконного световода. Однако, контроль позиционирования ОД реализованный на схеме записи с ArF-эксимерным лазером является более простым в реализации способом. Но, при этом, такая схема контроля позволяет оценивать положение ОД только на концах ОВ, что является существенным недостатком данной экспериментальной установки. Альтернативный способ позиционирования ОД анизотропного ОВ в схеме записи с KrF-эксимерным лазером является более трудоемким в исполнении: требует высокой точности при наблюдении интерференционной картины и ввода дополнительных оптических элементов в схему записи ВБР (флип-флоп зеркало, He-Ne-лазер). Однако такой способ контроля обеспечивает возможность наблюдения ориентации ОД на любом расстоянии от конца световода. Таким образом, выбор методики контроля положения ОД анизотропного ОВ должен осуществляться в зависимости от решаемой задачи.

Исследование зависимости поляризационных преобразований на ВБР от положения ОД при записи решетки, подтвердили, что путем предварительной ориентации анизотропных световодов можно снизить величину преобразования поляризации на волоконной дифракционной структуре. Следовательно, точный контроль положения напрягающих осей ОВ снижает помехи перекрестных преобразований и повышает точность измерительных систем на основе ВБР.

Литература

1. Кукушкин С.А., Осипов А.В., Шлягин М.Г. Образование микропор в оптическом волокне под воздействием импульсного УФ света высокой интенсивности // Журнал технической физики. – 2006. – Т. 76. – № 8. – С. 73–84.
2. Дураев В. Перестраиваемые одночастотные лазеры с брэгговскими решетками // Научно-технический журнал «Фотоника». – 2007. – № 3. – С. 24–29.
3. Варжель С.В., Захаров В.В., Виноградова Г.Н., Вениаминов А.В., Стригалев В.Е. Визуализация волоконных решеток Брэгга типа II, индуцированных в двулучепреломляющем волокне с эллиптической напрягающей оболочкой // Оптика и спектроскопия. – 2013. – Т. 114. – № 1. – С. 129–132.
4. Варжель С.В., Петров А.А., Архипов С.В., Паланджян Д.А., Мунько А.С., Смирнова Ю.Д., Кондакова Н.С. Эффективность записи решеток Брэгга излучением эксимерного ArF-лазера в зависимости от ориентации оси двулучепреломления анизотропного оптического волокна // Изв. вузов. Приборостроение. – 2017. – Т. 60. – № 5. – С. 460–465.



Тигунцева Екатерина Юрьевна
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра лазерных технологий и систем, группа № В4216
Направление подготовки: 12.04.05 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: tiga.kate@gmail.com

УДК 535.376

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ОТ ПЕРОВСКИТОВ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ

Тигунцева Е.Ю.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. Макаров С.В.

На сегодняшний день исследование перспективных материалов для производства и хранения энергии является одной из самых больших проблем нашего века. Солнечная энергия является одним из наиболее важных возобновляемых источников энергии, ввиду ее широкой доступности и низкого воздействия на окружающую среду. Кристаллические кремниевые фотовольтаические элементы используются в наибольшем количестве всех типов солнечных элементов на рынке, что составляет около 90% мирового производства фотоэлементов [1]. Гибридные перовскиты возникли как класс полупроводниковых материалов с уникальными свойствами, в том числе, перестраиваемой запрещенной зоны, высоким коэффициентом поглощения, широким спектром поглощения, высокой подвижности носителей заряда (более 10 $см^2 В^{-1} с^{-1}$) и большой длиной диффузии заряда, которые позволяют получить широкий спектр фотоэлектрических и оптоэлектронных приложений [2]. Выделяют три основные причины, почему перовскиты привлекательны для данной области применения: во-первых, материалы недороги в производстве (используются дешевые наземные реагенты) по сравнению с кремниевыми аналогами, во-вторых, методы изготовления перовскитов относительно простые, и в-третьих, устройства на основе перовскитов имеют высокую эффективность преобразования энергии. Улучшение эффективности таких устройств наблюдается в последние 7 лет и в сравнении с другими фотоэлектрическими материалами растет большими темпами.

Целью работы является применение впервые резонансных диэлектрических наночастиц для улучшения оптических свойств гибридных (металлорганических) перовскитных пленок. Поскольку в работе использованы дешевые и высокопроизводительные методы для создания наночастиц [3] и метаповерхности перовскита, то автор считает, что результаты дают начало развитию к недорогим и высокоэффективным оптоэлектронным устройствам на основе перовскита.

Измерения оптических свойств (отражение и пропускание) образцов перовскита с наночастицами и без наночастиц кремния на поверхности показывают увеличение значений поглощения примерно на 0,10–0,20 (рис. 1, b). Это можно объяснить тем, что наночастицы кремния локализуют свет в ближнем поле. Действительно, частицы с диаметром около 150–200 нм обладают сильными резонансами Ми в спектральном диапазоне около 700–800 нм.

Те свойства, которые проявляют кремниевые частицы, усиливая поле в ближнем поле, используются для усиления поглощения а также для улучшения рассеивания излучения перовскитной пленки. После того, как мы наносим кремниевые частицы

методом лазерной печати на поверхность гибридного перовскита, мы изучаем фотолюминесценцию (ФЛ) от перовскита, покрытого наночастицами. Измерения ФЛ показывают, что сигнал ФЛ в области с наночастицами кремния сильнее, чем в области образца без наночастиц (рис. 1, a). Так как кремний является полупроводником, он имеет очень низкую квантовую эффективность ФЛ сам по себе и генерирует фотоны на длине волны λ=1 мкм. Таким образом, усиление ФЛ главным образом можно происходит за счет усиления ближнего поля вокруг наночастиц. Как показали экспериментальные измерения, такое усиление поля не является однородным, происходит экспоненциальное затухание по толщине пленки. Таким образом, наше значение усиления ФЛ, которое численно мы оцениваем в 1,5 раза, находится в разумном согласии с теоретическими оценками.

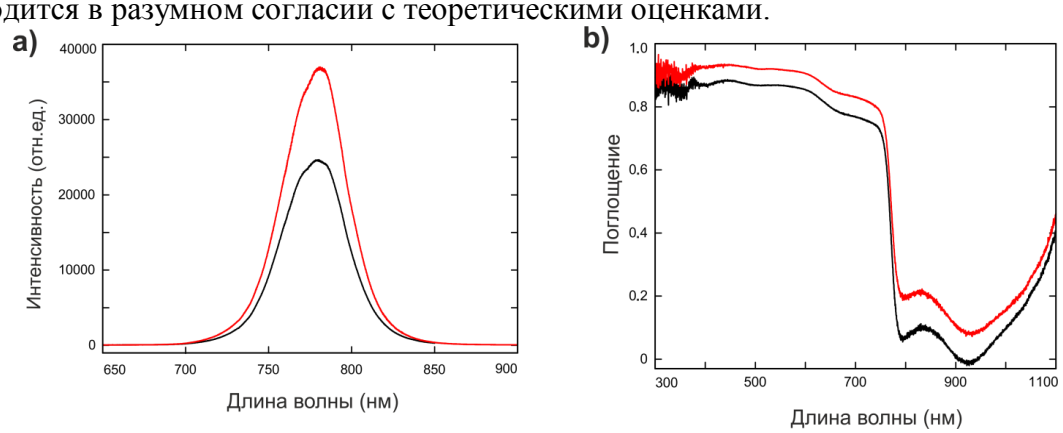


Рис. 1. Спектр ФЛ от чистой пленки перовскита (черная кривая) и от пленки с частицами кремния (красная кривая) (a); спектр поглощения от чистой пленки перовскита (черная кривая) и от пленки с частицами кремния (красная кривая) (b)

Методы лазерной абляции могут применяться не только для нанесения кремниевых наночастиц на поверхностный слой перовскита, но и для добавления таких частиц в объем пленки. Для этого необходимо сделать несколько шагов. Во-первых, провести непосредственно стадию лазерной абляции в жидкости, создавая коллоидный раствор сферических кристаллических кремниевых наночастиц. В качестве жидкости используется толуол. Такой выбор объясняется тем, что при выборе жидкости необходимо учитывать свойства стабильности перовскитного материала, в частности толуол используется при нанесении пленки на подложку в качестве растворителя, а значит, может быть использован без рисков для качества пленки. Вторая стадия – непосредственное нанесение частиц с толуолом.

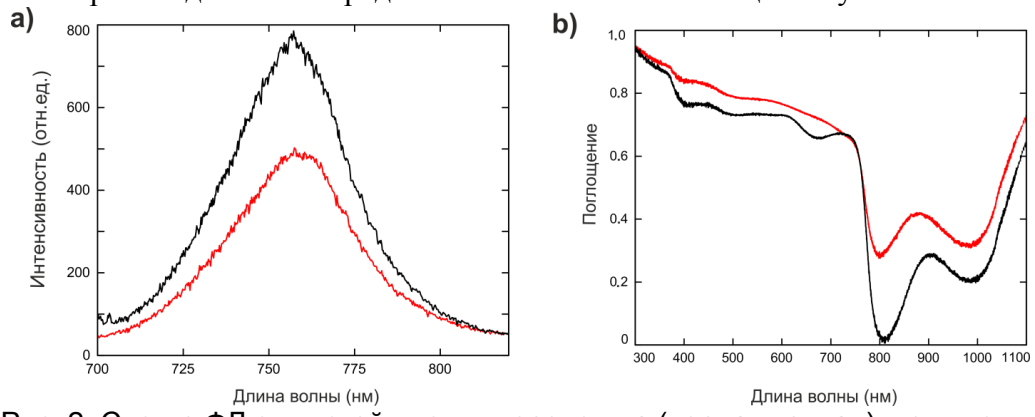


Рис. 2. Спектр ФЛ от чистой пленки перовскита (черная кривая) и от пленки с частицами кремния в объеме пленки (красная кривая) (a); спектр поглощения от чистой пленки перовскита (черная кривая) и от пленки с частицами кремния в объеме пленки (красная кривая) (b)

После включения кремниевых наночастиц в объем перовскита $MAPbI_3$ были изучены его оптические свойства. Согласно измерениям отражения и пропускания, оптическое поглощение возрастает численно 0 до 0,3 при λ=800 нм (рис. 2, b). Однако для измерений интенсивности ФЛ при λ=633 нм наблюдается ослабление: при непрерывном лазерном облучении ФЛ от перовскита с частицами слабее по сравнению с аналогичным перовскитом без наночастиц кремния (рис. 2, a).

Таким образом, добавление наночастиц в объем пленки не улучшает ФЛ свойства перовскита. Такое включение может ослабить интенсивность ФЛ, что можно объяснить качеством пленки либо локальными ее дефектами, когда зерна перовскита вокруг наночастиц имеют различный размер. Но если принимать во внимание, что кремний и гибридный перовскит ($MAPbI_3$) имеют относительно высокие показатели преломления, 3,6 и 2,6 соответственно при λ=800 нм, то высокий оптический контраст, необходимый для сильных резонансов Ми, исчезает. Наше численное моделирование показывает, что усиление электрического поля вокруг частиц в объеме намного меньше, чем у частиц на вершине перовскита.

В данной работе впервые было продемонстрировано нанесение кремниевых наночастиц на поверхность и в объем гибридного перовскита. В результате показано, что применение диэлектрических наночастиц позволяет достичь усиления ФЛ и локализации света в перовскитных пленках без потерь. При сравнении двух методов добавления кремниевых наночастиц в перовскиты, исследования показали, что непосредственное нанесение наночастиц на поверхность пленки методом лазерной печати является наиболее предпочтительным для усиления ФЛ и увеличения поглощения как для плоской поверхности, так и для импринтованной. В частности, мы показываем, что кремниевые наночастицы на поверхности пленки перовскита увеличивают ФЛ более чем на 30%. Добавление кремниевых наночастиц на наноимпритованную метаповерхность перовскита приводит к 50%-му усилению ФЛ, тогда как суммарное усиление для метаповерхности с наночастицами кремния составляет около 300% по сравнению с гладкой пленкой перовскита. Кроме того, мы показали значительное улучшение поглощения света в ближнем ИК-диапазоне в слое перовскита с наночастицами.

По сравнению с плазмонными частицами кремниевые диэлектрические частицы увеличивают усиление вблизи поля и локализуют свет внутри слоя перовскита, благодаря чему наблюдается усиление ФЛ. В перспективе такие резонансные диэлектрические наночастицы могут быть использованы для увеличения эффективности поглощения в перовскитных солнечных элементах. В сравнении с методами литографии частицы, созданные методом лазерной печати, могут стать хорошим кандидатом для новых недорогих гибридных оптоэлектронных устройств, основанных на диэлектрических наночастицах и метаповерхностях.

Литература

1. Saga T. Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production // NPG Asia Materials. – 2010. – V. 2. – № 3. – P. 96–102.
2. Zhang W., Eperon G.E., Snaith H.J. Metal halide perovskites for energy applications // Nature Energy. – 2016. – V. 1. – P. 16048.
3. Makarov S.V. et al. Multifold Emission Enhancement in Nanoimprinted Hybrid Perovskite Metasurfaces // ACS Photonics. – 2017. – V. 4. – № 4. – P. 728–735.



Тихомиров Константин Сергеевич
Год рождения: 1993
Факультет лазерной и световой инженерии, кафедра технологий интроскопии, группа № В4252
Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика
e-mail: tixkost@gmail.com

УДК 621.3.019.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Тихомиров К.С.
Научный руководитель – к.т.н. Сергушев А.Г.

Паяные соединения в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) формируют электрическое и механическое соединений между печатной платой и поверхностно-монтируемым компонентом. Нарушение любой из этих двух функций может привести к перебоям в работе РЭА или полной его поломке. Поэтому актуальной проблемой в настоящее время является умение спрогнозировать надежность паяных соединений (ПС) поверхностного монтажа (ПМ) на заданный срок на этапе проектирования. В действующем на сегодняшний день справочнике «Надежность электрорадиоизделий» [1] отсутствуют данные об интенсивности отказов ПС ПМ, а также отсутствует методика, позволяющая расчетно оценить показатели надежности ПС ПМ.

Одним из вариантов решения данной проблемы, т.е. получения показателей надежности ПС ПМ является проведение ускоренных испытаний на старение или термоциклирование [2]. Однако данный метод имеет ряд недостатков, таких как времязатратность, большая стоимость, зачастую – невозможности использовать/исправить устройства после нахождения ошибки/отказа; он не всегда позволяет гарантированно выявлять конструкторские ошибки, к тому же условия тестов во многих случаях не соответствуют реальным условиям использования устройства.

Подводя итог, можно сформулировать **цель работы** – разработать методику прогнозирования надежности ПС ПМ для повышения надежности РЭА, уменьшения сроков и стоимости разработки.

Для достижения данной цели требуется решить ряд задач, которые рассмотрены ниже.

Факторы, приводящие к повреждению ПС. Большинство отказов ПС ПМ могут быть отнесены на счет термомеханической усталости, возникающей, в основном, из-за различия коэффициентов термического расширения (КТР) компонента, припоя и подложки/печатной платы (ПП) [2]. Однако следует отметить, что причина отказа (разрушения ПС) может заключаться и в воздействии других факторов, действующих как по отдельности, так и совместно [2].

Во время эксплуатации эти поля воздействий являются временно и пространственно зависимыми; кроме того, некоторые из них взаимозависимы. Стоит отметить, что среди перечисленных пяти процессов электромиграция, термомиграция и рост «усов» стали проблемами надежности ПС в основном вследствие миниатюризации электронных устройств; продолжение этой тенденции приведет к

тому, что все больший вклад в суммарное повреждение будет вносить взаимное действие полей нагрузок (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма, иллюстрирующая сложный процесс накопления повреждений в результате воздействия различных полей нагрузок, возникающих во время эксплуатации (прямые процессы – ЭМ, ПП, ТМ), и их взаимодействия друг с другом (процессы, действующие совместно – ТМУ, ДжН, НТ), которые влияют на надежность ПС ПМ

Модели, прогнозирующие количество циклов до отказа. В работе был проведен обзор существующих моделей для прогнозирования надежности ПС ПМ. Модели, предложенные для прогнозирования количества циклов до отказа, могут быть разделены на шесть главных категорий, основанных на различных подходах и принципах:

1. напряженно основанные;
2. на основе пластической деформации;
3. на основе деформации ползучести;
4. основанные на энергии (петля гистерезиса);
5. основанные на механике разрушений;
6. полностью эмпирические.

По результатам обзора автором была выбрана модель Дарве (Darveaux) [3], поскольку сочетает в себе расчет количества циклов до зарождения трещины и скорость роста трещины с использованием модифицированного закона Пэриса:

$$N_0 = K_1 \Delta W_{avb}^{K2};\ \frac{da}{dN} = K_3 \Delta W_{avb}^{K4};\ N(63,2\%) = N_0 + \frac{a}{da/dN};\ W_{avb} = \frac{\sum \Delta W \cdot V}{\sum V},$$

где N_0 – количество циклов до появления трещины; $\frac{da}{dN}$ – скорость роста трещины, $N(63{,}2\%)$ – количество циклов до отказа; ΔW_{avb} – усредненная плотность энергии деформации за последний температурный цикл; K_x – константы материала.

Прогнозирование геометрии ПС ПМ. Одним из главных выводов, полученных из обзора существующих моделей, является то, что для точного прогнозирования надежности ПС в различных условиях термоциклирования требуется проводить КЭ моделирование условий эксплуатации или термоциклирования. Очевидно, что на этапе проектирования у разработчика нет точной геометрии будущих паяных

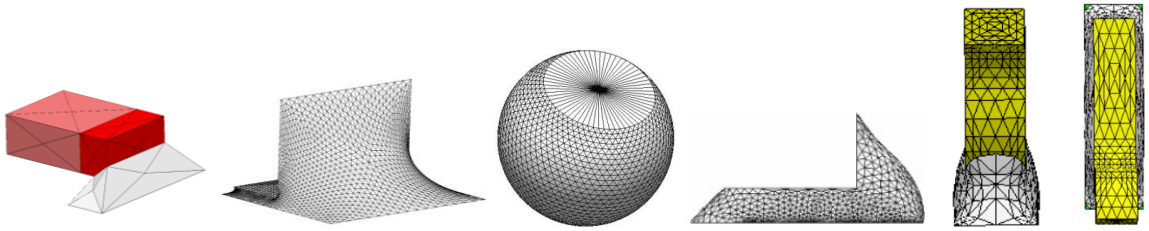
соединений поверхностно – монтируемых устройств, соответственно, начальную геометрию ПС после оплавления припоя требуется спрогнозировать.

Из определения свободной энергии Гельмгольца, можно показать, что в системе с фиксированными температурой и объемом положение устойчивого равновесия соответствует точке минимума свободной энергии Гельмгольца. Другими словами, в этой точке (для такой системы) никакие изменения макроскопических параметров невозможны. Соответственно, требуется решить задачу о минимуме потенциальной энергии системы в следующем виде [4]:

$$\min E = \min\left[\iint_{A_0} \gamma dA + \iint_{A_1} -\gamma\cos\theta_1 dA + \iint_{A_2} -\gamma\cos\theta_2 dA + \iiint_V \rho g z dV\right],$$

где γ – сила поверхностного натяжения расплавленного припоя; A_0, A_1 и A_2 – поверхности контакта между расплавленным припоем и воздухом, контактной площадкой и металлизацией устройства соответственно; θ_1 – угол смачивания контактной площадки; θ_2 – угол смачивания металлизации устройства; ρ – плотность расплавленного припоя; g – гравитационная постоянная; z – координата высоты, и V – объем припоя.

Результаты прогнозирования показаны на рис. 2.

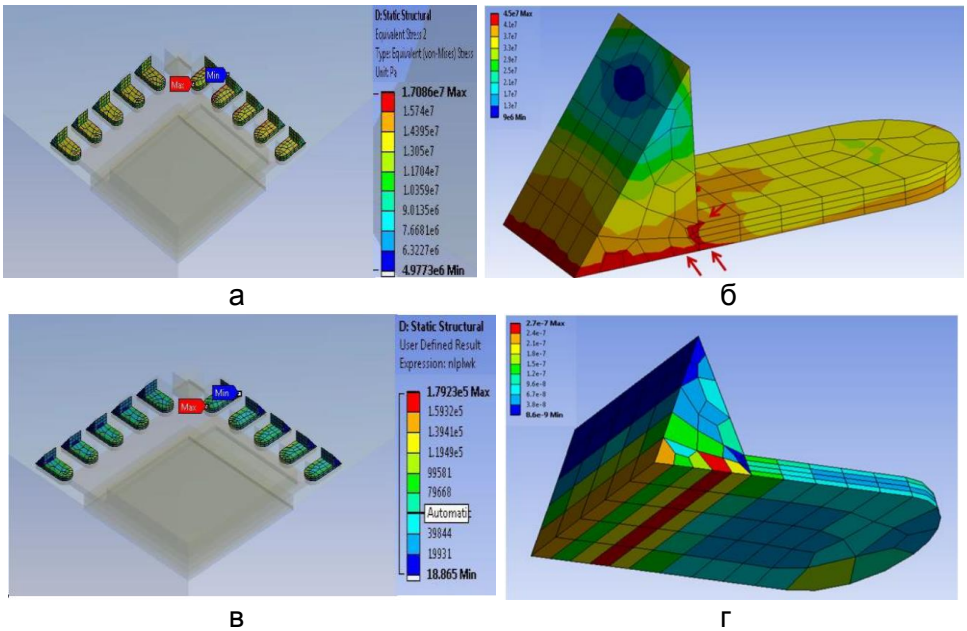


а б в г д е

Рис. 2. Геометрия ПС до и после оплавления (а, б); изображение ПС, после оплавления (в–е)

Аналогично найдены геометрии компонентов LBGA1225, QFN20, TSSOP64.

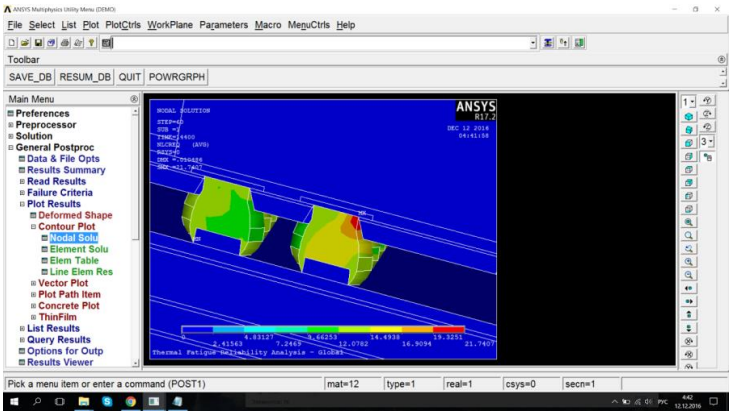
Для верификации методики прогнозирования надежности ПС ПМ был проведен расчет напряженно-деформированного состояния ПС в процессе термоциклирования (изменение температуры от 0 до 100°С, скорость изменения температуры не более 15°С/мин время удержания на максимальной и минимальной температуре 15 мин) (рис. 3 и 4).



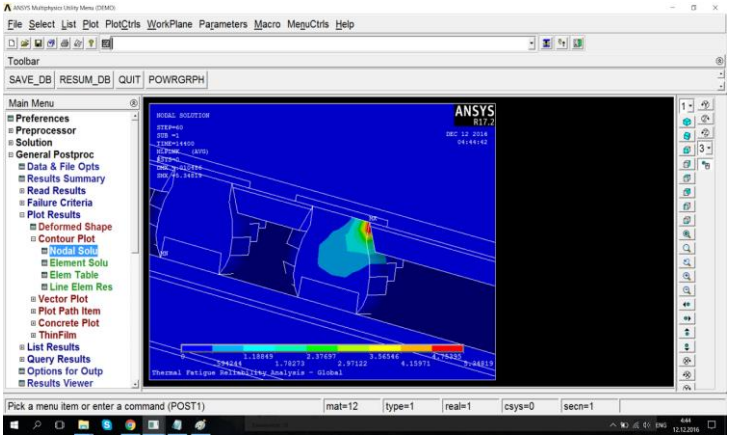
а б

в г

Рис. 3. Распределение напряжений (а, б) и энергии деформации (в, г) в ПС QFN20



а



б

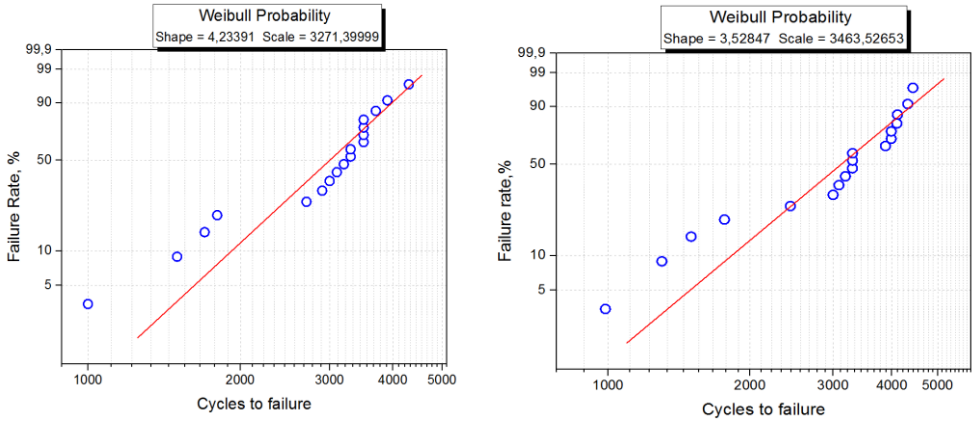
Рис. 4. Напряжения в ПС (а), энергия деформации в ПС (б) в ПС LBGA1225

Была выбрана модель Дарве, так как она совмещает в себе энергию деформации и элемент механики разрушения (скорость роста трещины) для прогнозирования количества циклов до отказа.

Однако один параметр количества циклов до отказа (наработки до отказа) не может в полной мере отражать надежность ПС, поэтому также было проведено моделирования Монте–Карло для нахождения функции ненадежности.

Результаты моделирования для компонентов QFN20 и LBGA1225 представлены на графиках (рис. 5 и 6):

1. LBGA1225



а б

Рис. 5. Графики функций ненадежности: экспериментальные данные, полученные в ходе ускоренных тестов на термоциклирование в рамках работ с АО РКЦ «Прогресс» (а); результаты моделирования (б)

Функции ненадежности для экспериментальных данных и данных, полученных в ходе моделирования можно представить в следующем виде соответственно:

$$h(x)=\frac{4,2}{3271,4}\left(\frac{x-8,093}{3271,4}\right)^{3,2};\ h(x)=\frac{3,5}{3463,5}\left(\frac{x-8,1}{3463,5}\right)^{2,5};$$

2. QFN20

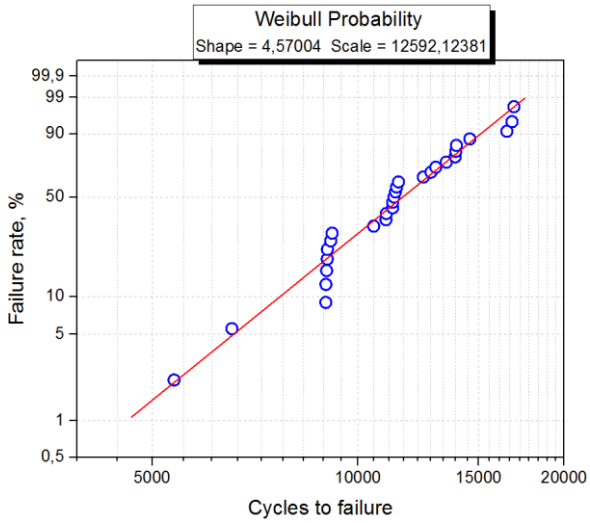


Рис. 6. График функции ненадежности компонента QFN20

Функцию ненадежности для данных, полученных в ходе моделирования можно представить в следующем виде:

$$h(x)=\frac{4,5}{12592,1}\left(\frac{x-9,4}{12592,1}\right)^{3,5}.$$

В ходе эксперимента (4500 циклов) отказов по компоненту QFN20 не наблюдалось, что подтверждает данные моделирования, на которых первый отказ произошел на 5327 цикле.

Заключение. Подведем краткие итоги данной работы:

1. проведен анализ факторов, приводящих к повреждениям ПС ПМ, а также выбрана наиболее точная модель для прогнозирования количества циклов до отказа;
2. спрогнозирована геометрия ПС ПМ;
3. проведен КЭ расчет напряженно-деформированного состояния ПС ПМ;
4. рассчитано количество циклов до отказа ПС ПМ, а также получена функция ненадежности;
5. разработана методика расчета надежности ПС поверхностного монтажа;
6. методика верифицирована на результатах, полученных в рамках работ с АО «РКЦ «Прогресс».

По результатам полученных в ходе данной работы данных можно окончательно сформулировать методику расчета надежности ПС ПМ в следующем виде:

1. прогнозирование геометрии ПС, методом КЭ моделирования (решение задачи о нахождении минимума потенциальной энергии системы);
2. расчет напряженно-деформированного состояния ПС методом КЭ моделирования;
3. расчет количества циклов до отказа на основе модели Дарве;
4. расчет функции ненадежности, методом Монте–Карло.

Основываясь на достигнутых результатах можно заключить, что поставленная цель и задачи выполнены.

Литература

1. Надежность электрорадиоизделий / Справочник нормативного характера. – М.: 22 ЦНИИИ МО РФ, 2006. – 641 с.
2. Тихомиров К.С., Алексеев С.А. Прогнозирование надежности паяных соединений: факторы, приводящие к повреждениям // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2016. – № 6. – С. 172–180.
3. Тихомиров К.С., Алексеев С.А. Выбор модели прогнозирования усталостной долговечности паяных соединений поверхностного монтажа для радиоэлектронной аппаратуры ответственного применения // Сб. докладов Второй научно-технической конференции «Будущее предприятия – в творчестве молодых». – 2016. – С. 188–194.
4. Choi T.P., Lee T.S. Prediction of Three-dimensional Solder Joint Profile in Gullwing Leads // The International Journal of Microcircuit and Electronic Packaging. – 1998. – № 17. – P. 162–170.



Шаталова Александрина Сергеевна
Год рождения: 1993
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов
и консервирования холодом, группа № Т4207
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья
e-mail: shatalovaaleks@mail.ru

УДК 663.05

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКТОВ НА ЗЕРНОВОЙ ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шаталова А.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Бараненко Д.А.

Современная научная стратегия в создании функциональных продуктов направлена, прежде всего, на заполнение физиологической потребности организма человека в отдельных биологически активных веществах, среди которых одними из важнейших являются экзополисахариды (ЭПС) – высокомолекулярные полимеры, состоящие из моносахаридов, которые секретируются микроорганизмами в окружающую клетки среду. ЭПС не перевариваются в желудочно-кишечном тракте человека и относятся к пребиотикам [1, 2].

Цель работы – разработка рецептур и обоснование параметров производства паштетов на зерновой основе функционального назначения. Для достижения поставленной цели решались задачи:

– исследовать свойства ЭПС и обосновать их применение в качестве функционального ингредиента;
– провести доклинические исследования свойств ЭПС для определения их функциональности;
– обосновать дозировки ЭПС в составе паштета;
– разработать рецептуру функционального продукта на зерновой основе;
– обосновать технологические параметры производства продукта на зерновой основе функционального назначения;

– провести доклинические испытания разработанного функционального продукта.

В качестве физиологических функциональных ингредиентов использовались:

– коммерческий препарат декстрана от компании Sigma Aldrich – это разветвленный глюкан, состоящий главной и боковой цепей: главная цепь-остатки Д-глюкозы, связанные 1-6-α-гликозидными связями, а боковые цепи – остатки Д-глюкозы, связанные 1-3-α-гликозидными связями, молекулярная масса которого 200000 Да [3];
– коммерческий препарат компании «В-МИН» Инулин – полифруктозан, легко растворимый в горячей воде и трудно в холодной. Инулин не переваривается пищеварительными ферментами организма человека и относится к группе пищевых волокон. В связи с этим применяется в качестве пребиотика [4];
– витамин D3(вигантол) («Никомед Австрия ГмбХ», Австрия) – участвует в регуляции кальций-фосфорного обмена, усиливает всасывание кальция в кишечнике, снижает риск возникновения резистентности к инсулину, предотвращая возникновение диабета [5].

Для обоснования рецептур и норм внесения функционального ингредиента исследовалось их влияние на организм лабораторных животных, в качестве которых использовались инбредные мыши линии Balb/c.

Для мышей был составлен рацион согласно [6], с помощью которого оценивалась физиологическая активность ингредиентов:

1. контрольная группа:
   – овсяная мука – 3,5 г;
   – кукурузная мука – 1,0 г;
   – рыбная мука – 0,50 г;
   – кровяная мука – 0,60 г;
   – люцерна – 1,5 г;
   – комплекс минералов и витаминов «Супрадин» – 1,34 г;
2. + Декстран – 1,78 г;
3. + Декстран+ витамин D3 (300 МЕ/кг) – 1,78 г+0,002 г;
4. + Инулин – 1,78 г;
5. + Инулин+ витамин D3 (100 МЕ/кг) – 1,78 г + 0,001 г;
6. + Инулин+ витамин D3 (300 МЕ/кг) – 1,78 г + 0,002 г;
7. + Инулин+ витамин D3 (1000 МЕ/кг) – 1,78 г + 0,007 г;
8. + витамин D3 (100 МЕ/кг) – 1,78 г + 0,001 г;
9. + витамин D3 (300 МЕ/кг) + 0,002 г;
10. + витамин D3 (1000 МЕ/кг) + 0,007 г.

Перед началом эксперимента мышей выдерживали на диете для выравнивания их показателей. Строились глюкозные кривые с целью выявления изменений, которые происходят при приеме глюкозы или потребления пищи, содержащей усвояемые углеводы. В норме после приема пищи уровень глюкозы повышается, спустя время ее уровень снижается.

Глюкозные кривые в начале эксперимента имеют схожий характер (рис. 1).

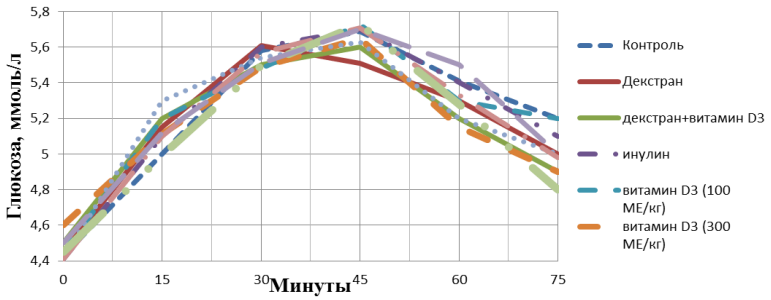


Рис. 1. Глюкозные кривые мышей в начале диеты

Спустя 14 суток заметно их значительное изменение (рис. 2), связанное с влиянием различных добавок на организм животных.

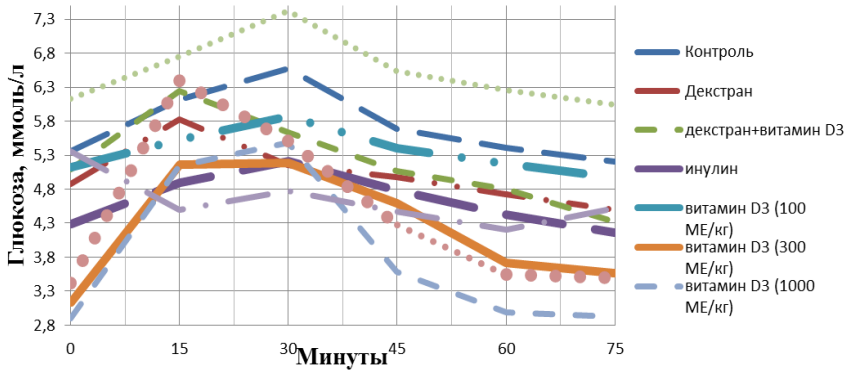


Рис. 2. Глюкозные кривые мышей спустя 2 недели поддержания диеты

Для демонстрации влияния рационов на уровень глюкозы мышей при регуляторном употреблении, получены кривые изменения глюкозы во времени, по прошествии 14 суток (рис. 3).

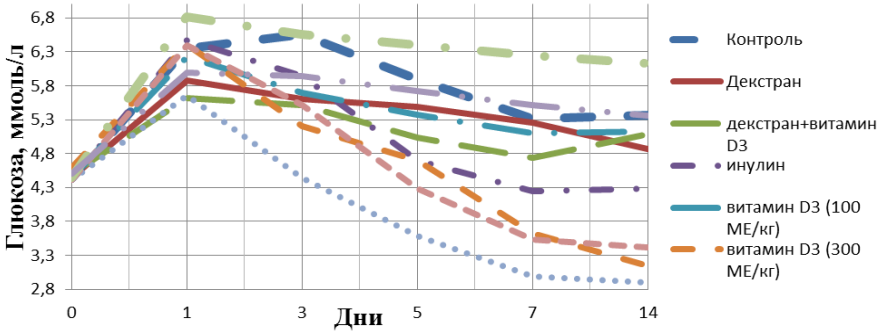


Рис. 3. Изменение глюкозы во времени

Согласно рекомендациям врачей [7], люди, проживающие на территориях с малым количеством солнечных дней, рекомендованная суточная дозировка витамина Д3 – 1000 МЕ/кг, и исходя из выводов по эксперименту, было принято решение в дальнейшем работать с декстраном, так как он не вызывает сильного понижения уровня сахара в крови, даже в сочетании с витамином Д3, в отличие от инулина.

На основании этого, а также ориентируясь на структурно-механические и органолептические показатели мясных паштетов [8], были составлены рецептуры непосредственно самого продукта, а именно паштета (табл. 1).

Таблица 1. Рецептуры растительных паштетов (на 100 г)

Компоненты	Контроль	3 рецептура	1 рецептура	2 рецептура
Изолят соевый, г	38	38	38	38
Рапсовое масло, г	1,44	1,44	1,44	1,44
ЭПС, г	–	–	8	8
Фасоль, г	10,71	10,71	10,71	10,71
Шампиньоны, г	15,1	15,1	15,1	15,1
Вешенки, г	9,35	9,35	9,35	9,35
Морковь, г	13,8	13,8	13,8	13,8
Лук, г	10,9	10,9	10,9	10,9
Чеснок, г	0,7	0,7	0,7	0,7
Витамин D3, г	–	0,05		0,05
Соевый соус	5	5	5	5

Компоненты	Контроль	3 рецептура	1 рецептура	2 рецептура
Лавровый лист	1,5	1,5	1,5	1,5
Соль	2	2	2	2
Перец	3	3	3	3
Вода	190 г		212 г	

Была разработана технологическая схема и обоснованы следующие параметры производства растительных аналогов мясных паштетов (рис. 4) [2].

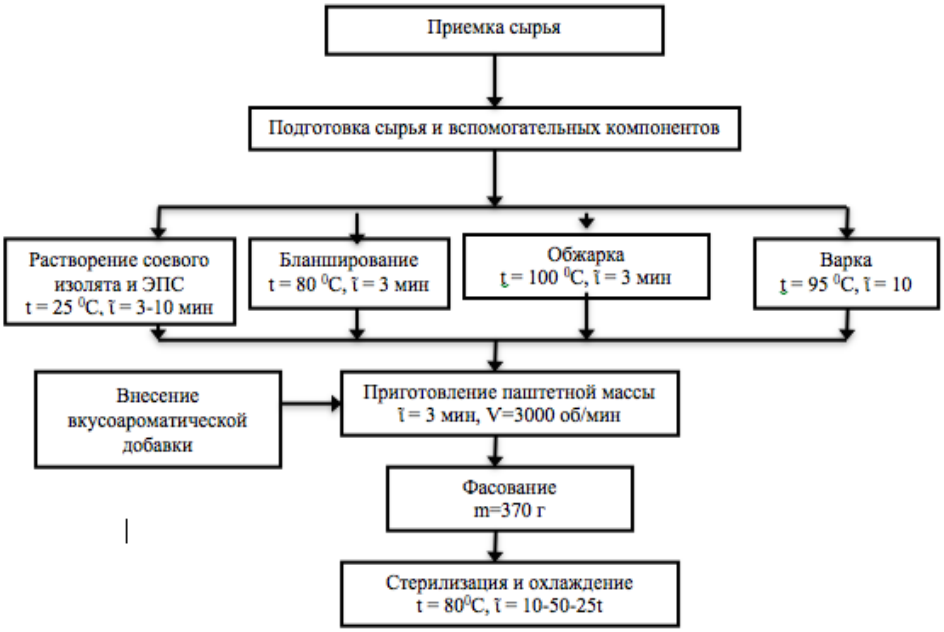


Рис. 4. Технологическая схема производства растительных паштетов

Для контрольной и разработанных рецептур проводились доклинические исследования на крысах Wistar.

Глюкозные кривые в начале эксперимента имеют схожий характер (рис. 5).

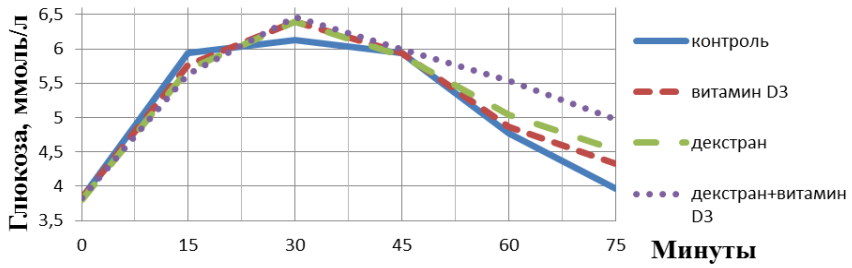


Рис. 5. Глюкозные кривые лабораторных животных

Спустя 14 суток заметно их значительное изменение (рис. 6), связанное с влиянием различных добавок на организм животных.

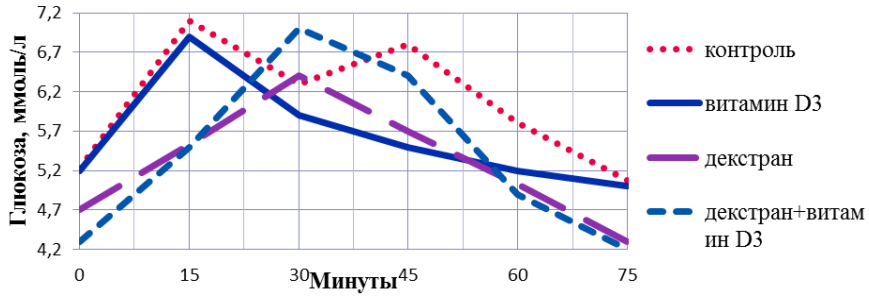


Рис. 6. Глюкозные кривые спустя 14 суток поддержания диеты

Для демонстрации влияния рационов на уровень глюкозы мышей при регуляторном употреблении, получены кривые изменения глюкозы во времени, по прошествии 14 суток (рис. 7).

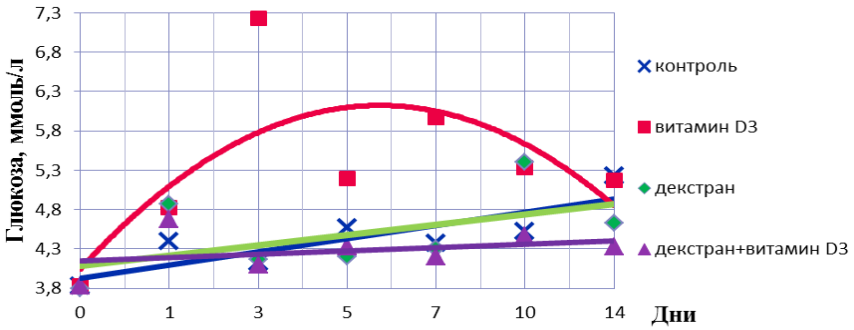


Рис. 7. Изменение глюкозы в крови крыс во времени

Были определены следующие биохимические показатели (табл. 2).

Таблица 2. Биохимические показатели крови

Показатель	Единицы измерения	Контроль	1 рецептура	2 рецептура	3 рецептура
Билирубин общий	мкмоль/л	57,6	42,6	75,4	67,8
Билирубин прямой	мкмоль/л	10,5	5,3	6,4	13,1
АСТ	ед./л	285	479	355	336
АЛТ	ед./л	193	168	220	99
Коэф. Ритиса	–	1,48	2,85	1,61	1,39
Мочевина	ммоль/л	16,28	24,55	16,15	15,26
Креатинин	мкмоль/л	89	97	110	97
Общий белок	г/л	75	69	95	91
Альбумин	г/л	35	30	37	38
Щелочная фосфатаза	ед./л	90	120	85	181
Амилаза	ед./л	80,9	146,3	96,3	74,4
Глюкоза	ммоль/л	5,5	4,0	5,0	5,2
ЛДГ	ед./л	244,3	490,5	395,7	314,2
ГГТ	ед./л	2,07	2,84	3,02	1,74
Холестерин	ммоль/л	1,97	1,22	1,76	2,4
Триглицериды	ммоль/л	0,74	0,63	1,14	1,09
КФК	ед./л	921	1043	881	882
Калий	ммоль/л	4,7	5,8	4,5	5,5
Натрий	ммоль/л	149,3	159,6	148,4	154,1
Фосфор	ммоль/л	4,02	4,91	6,43	6,64
Кальций	ммоль/л	1,6	1,9	1,85	2,41
Железо	мкмоль/л	56,1	54,1	87,6	84,8
Магний	ммоль/л	1,32	2,4	1,7	1,59
Хлор	ммоль/л	105	110	106	114
Кислотность		7,37	7,5	7,4	7,47
Фруктозамин	мкмоль/л	147	129	107	38

На основании всего были сделаны следующие выводы [9]:

1. разработанная рецептура овощных паштетов на зерновой основе, обеспечивает в 100 г готового продукта: белков – 45 г, жиров – 25 г, углеводов – 30 г, энергетическая ценность – 473 ккал/1981,9 кДж. Готовый растительный паштет

обладает пребиотическими свойствами за счет внесения декстрана и пищевых волокон овощей в дозировке 43%, от суточной потребности содержание витамина D3 составляет 1000 МЕ (0,05 г), что составляет 152% от суточной потребности (600 МЕ) и с учетом его усвояемости (93%). Выход паштета составляет 114%;

2. по данным о влиянии овощных паштетов на изменение уровня глюкозы, массы тела, биохимических показателей крови лабораторных животных в доклинических исследованиях установлено, что продукт обладает функциональными свойствами, проявляющимися в стабилизации уровня глюкозы в крови (около 4,3 ммоль/л для лабораторных животных), улучшения пищеварения (увеличение фекальных масс, снижение веса от 20 до 40% от начального веса), кроме этого в установлено, что данные паштеты снижают уровень фруктозамина (со 147 до 107 мкмоль/л) – продукт гликозилирования белков плазмы крови, являющийся маркером сахарного диабета, при этом значение коэффициента Ритиса, уровень натрия, калия, кальция, фосфора, хлора, холестерина и триглицеридов, мочевины находится в пределах нормы;
3. рекомендуются следующие параметры производства растительных паштетов: предварительная термообработка при t=80°С в течение 3–5 мин, предварительное растворение соевого изолята и ЭПС, измельчение и перемешивание на куттере в течение 3 мин при скорости ножей 3000 тыс. об./мин, фасовка в лакированные жестяные банки № 9 массой нетто 370 г, пастеризация при t=80°С в течение 50 мин, хранение при t=+4…+6°С в течение 3 месяцев.

Литература

1. Andersson S., Dalhammar G., Rajarao G.K. Influence of microbial interactions and EPS/polysaccharide composition on nutrient removal activity in biofilms formed by strains found in wastewater treatment systems // Microbiol Res. – 2011. – V. 166(6). – P. 449–457.
2. Looijesteijn P.J., van Casteren W.H.M., Tuinier R., Doeswijk-Voragen C.H.L., Hugenholtz J. Influence of different substrate limitations on the yield, composition and molecular mass of exopolysaccharides produced by Lactococcus lactis subsp. cremoris in continuous cultures // J. Appl. Microbiol. – 2000. – V. 89. – P. 116–122.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/31398?lang=fi&region=FI, своб.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fitosila.ru/catalog/035209.html, своб.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medi.ru/instrukciya/vigantol_85, своб.
6. Рахманов А.И. Кормление кроликов, пушных и декоративных зверей. Обзор кормов. Рационы. Техника кормления. – Изд-во: Аквариум-Принт, 2011. – 112 с.
7. Alam F., Islam M., Gan S., Mohamed M. and Sasongko T. DNA methylation: an epigenetic insight into type 2 diabetes mellitus // Curr. Pharm. Des. – 2016. – V. 22(28). – P. 4398–4419.
8. Pérez-Palacios T., Ruiz J., Martín D., Muriel E., Antequera T. Comparison of different methods for total lipid quantification in meat and meat products // Food Chemistry. – 2008. – V. 110(4). – P. 1025–1029.
9. Козмава А.Г., Касьянов Г.И, Палагина И.А. Технология производства паштетов и фаршей. – Ростов-на-Дону: Изд-во Центр «МарТ», 2002. – 208 с.



Юргель Святослав Дмитриевич
Год рождения: 1994
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № Т4227
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: triatlet2009@mail.ru

УДК 637.138

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ БИОКИСЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕЧЕНЫХ ЯБЛОК

Юргель С.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Евстигнеева Т.Н.

С ростом интереса к здоровому питанию повысился спрос на продукты питания, обогащенные полезными компонентами. Исследования по поиску новых источников обогащения продолжаются. За последние десятилетия возрос интерес к пищевым волокнам. Причина этого заключается в их значительной доступности в большинстве побочных продуктов питания, низких затратах и положительных эффектах для профилактики и лечения широкого спектра заболеваний [1].

Для устранения существующего дефицита пищевых волокон в питании населения наиболее рационально добавлять их в молочные продукты, как часто потребляемые всеми слоями населения. Комбинации пищевых волокон с кисломолочными продуктами, стимулируют рост и активизацию полезной микрофлоры кишечника [2].

Как правило, большинство волокон содержит в себе две части. Одна часть – водорастворимая, вторая – водонерастворимая.

Растворимые пищевые волокна могут быть полезны для облегчения симптомов раздраженного кишечника, диареи, запоров и дискомфорта в брюшной полости. Производство пребиотических продуктов питания с водорастворимыми волокнами способствует ослаблению воспалительного процесса кишечника [3].

Водонерастворимые пищевые волокна способствуют нормализации работы желудочно-кишечного тракта, облегчению опорожнения кишечника при запорах, способны улучшить чувствительность к инсулину при лечении сахарного диабета, а также снижают уровень сахара в крови [4].

Растворимые волокна содержатся во всех растительных продуктах, но в разных количествах. Бобовые, орехи, ягоды, фрукты, корнеплоды – все это может служить источником водорастворимых пищевых волокон.

Водонерастворимые волокна, как правило, содержатся в кожуре всех растительных компонентов. Данный вид пищевых волокон входит в состав клеточных стенок.

Научные исследования и разработки доказали, что пектин способен к ферментации в желудочно-кишечном тракте, способен снижать аллергическое воздействие токсичных веществ на организм, выводить тяжелые металлы, а также регулировать обмен веществ и функции органов пищеварения [5].

В качестве одного из источников, содержащих пищевые волокна, может служить печеное яблоко. Печеное яблоко богато пектином, который благотворно влияет на обменные процессы, работу пищеварительной системы человека, выводит токсичные вещества из организма.

Основной **целью работы** была разработка состава и технологии биокиселя с применением печеных яблок.

Задачи исследования:

1. изучить содержание пектиновых веществ, в свежих и печеных яблоках;
2. исследовать физико-химические показатели свежих и печеных яблок;
3. подобрать вид и дозу внесения стабилизирующего компонента в состав молочной основы;
4. выбрать рациональную дозу внесения печеных яблок в молочную основу;
5. выбрать оптимальное соотношение между йогуртом и молочной основой;
6. определить показатели качества биокиселя;
7. оценить хранимоспособность готового продукта.

В качестве основных объектов исследований были выбраны:

– яблоки сорта «Антоновка». Поскольку данный сорт в нашей стране является наиболее популярным;
– кукурузный и картофельный крахмал;
– молочная основа;
– биокисель.

На первом этапе исследование было изучено содержание пектиновых веществ в свежих и печеных яблоках. Исследование показало, что часть протопектина – нерастворимого соединения, под действием высокой температуры переходит в свободный (водорастворимый) пектин. Резкий скачек наблюдается в интервале от 20 до 40 мин запекания. Данное наблюдение имеет большое значение, поскольку водорастворимый пектин обладает более выраженными пребиотическими свойствами. Он оказывает положительное воздействие на микрофлору кишечника, тем самым помогает улучшить работу желудочно-кишечного тракта и нормализовать обмен веществ в организме. При увеличении продолжительности запекания кислотность яблок снижалась, а показатель pH несколько возрастал. Понижение кислотности может быть вызвано тем обстоятельством, что при высоких температурах часть кислот, содержащихся в яблоках, образуют с другими веществами прочные комплексы.

Биокисель предполагалось производить из двух составных частей, таких как:

– молочная основа;
– йогурт, обогащенный бифидобактериями.

Для того, чтобы получить необходимую консистенцию молочной основы было решено подобрать стабилизирующий компонент в ее состав. Для этого были выбраны наиболее популярные в производстве – кукурузный картофельный и крахмал. Данные компоненты часто применяют при производстве молочных десертов и йогуртов.

По результатам исследования в качестве стабилизатора был выбран кукурузный крахмал в количестве 5%. Данный вид крахмала придает молочной основе более нежный сливочный вкус по сравнению с картофельным. Данное количество кукурузного крахмала в меру сгущает молочную основу. Для производства питьевого продукта эти свойства являются определяющими.

В выбранную основу вносили разную массовую долю печеных яблок в виде пюре. Выбор оптимальной дозы внесения печеных яблок в молочную основу показал, что наиболее подходящим образцом, по своим органолептическим показателям, является образец с массовой долей печеных яблок 30%.

Для того чтобы получить готовый питьевой продукт с необходимыми органолептическими показателями, важно было подобрать оптимальное соотношение между полученной молочной основой и йогуртом.

По результатам данного исследования, был сделан выбор в пользу образца продукта с соотношением йогурта и молочной основы 30/70 соответственно. Данный образец обладает приятным сливочным вкусом, с достаточно выраженным ароматом печеных яблок, хорошей консистенцией. Цвет продукта светло-бежевый с небольшими вкраплениями яблочного пюре.

Изучение реологических свойств готового продукта показало, что биокисель обладает хорошими тиксотропными свойствами, т.е. способен восстанавливать структуру после механического разрушения.

Срок хранения биокиселя составил 5 суток.

По результатам работы были сформулированы следующие выводы:

1. разработана рецептура и определены технологические параметры процесса производства биокиселя с применением печеных яблок;
2. установлено, что в яблоках в процессе их запекания увеличивается содержание водорастворимого пектина;
3. процесс запекания яблок сопровождается снижением их титруемой кислотности, возрастанием активной кислотности;
4. в качестве стабилизирующего компонента для приготовления молочной основы биокиселя рекомендуется использовать кукурузный крахмал в количестве 5%;
5. установлена рациональная доза внесения печеных яблок в молочную основу – 30%;
6. по результатам органолептической оценки выбрано соотношение между йогуртом и молочной основой 30:70, позволяющее получить продукт с высокими потребительскими свойствами;
7. изучение реологических свойств готового продукта показало, что биокисель обладает хорошими тиксотропными свойствами, т.е. способен восстанавливать структуру после механического разрушения;
8. оценка хранимоспособности биокиселя показала, что сроки годности продукта составляют 5 суток.

Литература

1. Берегова И.В. Пектины и каррагинаны в молочных продуктах нового поколения // Молочная промышленность. – 2006. – № 1. – С. 44–45.
2. Донская Г.А., Ишмаметьева М.В., Матушевская В.Н., Шевелева С.А. Кисломолочный напиток, обогащенный пищевыми волокнами // Молочная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 50–51.
3. Донская Г.А., Ишмаметьева М.В. Пищевые волокна – стимуляторы роста полезной микрофлоры организма человека // Пищевые ингредиенты. – 2004. – № 1. – С. 21.
4. Берегова И.В. Применение пектина при производстве молочно-соковых напитков // Переработка молока. – 2009. – № 9. – С. 22–23.
5. Демидова Т.И. Приоритетные направления развития технологий производства пектиносодержащих продуктов // Пищевая промышленность. – 2010. – № 9. – С. 18–19.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ **5**
Абдуллаева М.С. Разработка состава низкокалорийного высокобелкового мороженого для диетического и спортивного питания 6
Алафишвили А.Д. Методические основы оценки и управления стоимостью бизнеса 10
Бакштай Д.П. Методы анализа идентичности брендов интеллектоемких проектов 14
Боримова А.А. Исследование генерации высокоинтенсивного спектрального суперконтинуума в струе оксида дейтерия и этанола 19
Бурцева А.А. Исследование алгоритмов внесения предварительного искажения в изображения для наблюдения на поверхностях сложной геометрии 23
Волгина Д.А. Исследование оптических свойств упорядоченных ансамблей нанокристаллов халькогенидов кадмия 27
Гибадуллин И.Н. Исследование применимости графических критериев для оценки шероховатости поверхностей деталей приборов 32
Губайдуллина К.В. Устойчивость алгоритма Гровера к воздействию возмущений квантовой схемы 36
Данков А.А. Оценка научно-технического потенциала предприятия (на примере научно-исследовательской организации оборонно-промышленного комплекса) 40
Ережеп Д. Моделирование температурных и электрических полей в процессе индуцированного электрическим током разогрева термоэлектриков 44
Зограф Г.П. Оптический нагрев и локальная термометрия резонансными кремниевыми наночастицами 48
Карлагина Ю.Ю. Лазерное окисление и структурирование поверхности титановых имплантов импульсами наносекундной длительности с целью улучшения их биосовместимости 51
Костиникова Ю.В. Разработка алгоритма прагматического анализа дискурса клиента и оператора 55
Лисица Д.А. Синтез и анализ модели аппаратной реализации импульсной нейронной сети 59
Лукоянов Е.В. Диагностирование авторулевого с использованием банка интервальных наблюдателей 63
Мазур Я.В. Решение обратной задачи синтеза оптического элемента с преломляющей поверхностью («Freeform») для приложений неизображающей оптики 68
Мунько А.С. Разработка чувствительного элемента волоконно-оптического тензометрического датчика на основе решеток Брэгга 72
Некрылов И.С. Исследование погрешностей оптико-электронной системы мониторинга состояния воздушного тракта 76
Одноворченко П.В. Оптико-электронные приборы промышленного назначения для контроля пищевых и химико-технологических производств 80
Орипова А.А. Экотоксикологические аспекты управления ценными водными биоресурсами Северо-Запада России 84
Письмак А.Е. Формирование поисковых запросов с использованием семантической сети 88

Самборский И.М. Рекомендация категории места на основе мультимодальных данных из нескольких источников 93
Сахариянова А.М. Исследование и разработка оптико-электронного автоколлимационного сенсора с увеличенным диапазоном измерения 97
Семакова А.А. Спонтанное и стимулированное излучение из гетероструктур на основе узкощелевых полупроводников AIIIBV 101
Синельник А.Д. Создание субмикронных структур путем лазерной 3D-литографии 105
Тертычная К.В. Интеграция системы риск-менеджмента на наукоемких предприятиях 108
Тибеев М.Р. Разработка и исследование оптической системы торцевой светодиодной подсветки малогабаритного дисплея 113
Фролова М.А. Поиск путей увеличения глубины резкости изображений, формируемых с помощью синтезированных голограмм-проекторов Френеля 116
Хасанов А.Р. Разработка серии функциональных напитков для профилактики алиментарных заболеваний 121
Челянов Э.Р. Анализ и совершенствование методологии оценки технических инноваций в процессе развития военной автомобильной техники 126
Шкавро А.И. Исследование управляемого источника на основе излучающих диодов для облучения растений 130
Щаев Е.Г. Исследование систем автоматического управления полетом беспилотным летательным аппаратом при проведении поисково-спасательных работ 134

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 138
Баландин М.А. Разработка эффективного алгоритма отслеживания характеристических точек лица на видео 139
Верхоляк О.В. Исследование методов автоматического распознавания эмоций в русской речи 142
Грибанов П.С. Исследование методов повышения точностных характеристик следящих электроприводов с нежесткими исполнительными осями 145
Егоров С.В. Разработка модульных технологических ячеек хранения сельскохозяйственной продукции автоматизированного склада 150
Караваева А.А. Создание визуальных моделей представления телеметрической информации для использования на автотранспортных предприятиях 154
Кесарев С.А. Параллельное моделирование динамических процессов на стохастических графах Кронекера 158
Крылова А.А. Обоснование применения структурно-модульного подхода к разработке графических интерфейсов систем управления технологическим оборудованием 163
Крючкова К.В. Получение злаковой дисперсии и напитков на ее основе 167
Купсик Н.А. Разработка и исследование инструментальной системы для программирования микроконтроллеров 171
Лихачева Т.С. Разработка программы и методики испытаний реконфигурируемой системы для прототипирования печатных узлов 175
Любомирова Т.С. Разработка состава стабилизационной системы с повышенной пенообразующей способностью для производства молочных напитков 179
Мулюкин А.А. Исследование возможностей, условий и ограничений параллельного исполнения моделей динамических систем 182

Назаров Э.Х. Исследование и разработка системы информационной поддержки принятия решений при проектировании технологий изготовления литьевых форм 186
Никандрова А.В. Исследование процесса культивирования штаммов микроскопических грибов вида *aspergillus oryzae* для получения ферментов 190
Пугачев А.А. Автоматическое определение обращения человека к речевой диалоговой системе на основе акустического анализа с помощью глубоких нейронных сетей 194
Пузырев Н.А. Применение гибких методологий управления проектами в технологических компаниях 198
Семьина Г.А. Исследование возможностей сохранения качества водных экосистем жемчугоносных рек ленинградской области 201
Талапов В.В. Исследование и разработка информационной системы хранения и поиска данных о материале формообразующей оснастки 206
Торопова А.П. Методика создания радужных голограмм на пищевых продуктах 210
Цыгулева О.В. Разработка маркетингового плана интернет-магазина экотоваров 213
Чистиков Е.Г. Методы анализа вычислительного процесса по графо-аналитической модели 217
Шаталов Р.А. Гармонизация процессов управления оперативной деятельностью и созданием инноваций 221

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 224
Аблов Д.В. Параметрическая идентификация дифференциально-разностной модели преобразователя теплового потока в виде тонкого диска 225
Амельчук Д.Г. Рост графена на монокристаллической подложке 4H-SiC в атмосфере инертного газа 228
Арбузова Е.А. Исследование технологии оптической сортировки твердых бытовых и промышленных отходов 231
Артемова В.С. Разработка и исследование адаптивной системы управления следящего электропривода с вентильным двигателем 235
Ахмадуллин Р.М. Лучевая прочность отражающих оптических покрытий, нанесенных на поглощающую подложку 240
Баранова Е.А. Моделирование воздействия поступательных вибраций на микромеханический гироскоп RR-типа компенсационного преобразования 243
Бородина К.И. Разработка методики испытаний средств индивидуальной защиты глаз по показателю устойчивости к лазерному излучению 247
Бортников В.М. Разработка системы машинного зрения для деревообрабатывающих предприятий 251
Булыкина А.Б. Разработка и исследование стенда для диагностики кожных образований методом эллипсометрии рассеянного излучения 255
Вагнер В.И. Методы перенаправления движения для перемещения в виртуальной среде при ограниченном физическом пространстве 259
Волокитина А.А. Исследование процессов формирования нанокристаллов ZnO в стеклах методом комбинационного рассеяния света 262
Воронина А.А. Исследование температурных ламп из состава государственного эталона копии. Разработка автоматизированной калибровки 266
Галюк В.Е. Разработка алгоритма деклиппирования 269
Горячев К.А. Разработка технологии получения осветленного ячменного сусла 272

Гурко Т.П. Исследование влияния температуры охлаждающей жидкости и расплава полимера на двулучепреломление в линзе 276
Девликанов Р.К. Разработка зубчато-поводковой передачи с коническим зубом 280
Дмитриев П.А. Резонансные оптические свойства кристаллических наночастиц, изготовленных при помощи лазерной абляции 284
Дмитриева О.А. Исследование и моделирование патентной активности в России и в других странах 287
Желонкин А.С. Исследование возможностей использования термопарных матриц для обнаружения нарушителей 292
Кириенко В.В. Разработка и исследование методов обнаружения оставленных предметов в телевизионных системах безопасности 295
Ковалевич А.В. Исследование кинематики неэвольвентной зубчатой передачи 299
Кударенко А.В. Исследование и математическое моделирование активных преобразователей в сети с несимметрией фазных напряжений 303
Кузьмин К.С. Методы тепловой балансировки многоквартирных домов 307
Курносова В.В. Идентификация наилучших доступных технологий на предприятии пивоваренной отрасли 311
Курочкина П.В. Исследование и разработка видеоинформационной системы мониторинга социально значимых объектов 316
Куцуров А.В. Разработка системы автоматизированного мониторинга и контроля производственного оборудования 321
Кушнирук Е.А. Разработка рецептуры и технологии сырного продукта с растительными компонентами 325
Латынина Т.А. Влияние дефектной структуры на прочность и электропроводность наноструктурированных алюминиевых сплавов 329
Лобашов А.В. Методика тестирования многоканальных систем записи и аналитики 334
Малашук Н.М. Исследование влияния факторов внешней среды на результативность научных исследований 337
Маргиева Е.М. Разработка методики выполнения измерений концентрации масла в сжатом воздухе 342
Милых М.М. Оценка рисков воздействия малых гидроэлектростанций на окружающую среду 346
Некрасова О.А. Разработка системы управления рисками в процессе инновационной деятельности предприятия 352
Николаева Е.Г. Применение метода «дизайн-мышление» для разработки инновационной системы планирования кадрового резерва на промышленных предприятиях 356
Орлова О.П. Разработка стратегии инновационного развития организации 360
Перегудин А.А. Разработка алгоритма управления перевернутым маятником на подвижном основании 363
Полякова А.С. Исследование технических характеристик аэрозольных разбавителей 368
Савенков С.Ф. Исследование проблем правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, созданных в рамках государственного оборонного заказа 371
Садовников И.А. Разработка сметанного соуса с применением муки грибов вешенка 374
Семяшкина Ю.В. Разработка светодиодного аппарата для фотодинамической терапии грибковых заболеваний 377

Служителева А.В. Исследование спектрозональной оптико-электронной системы 381
Стерхов А.С. Проектирование сторожевых механизмов для встраиваемых вычислительных систем 385
Убский Д.С. Кластеризация акустических событий 389
Удальцов В.А. Исследование способов ускорения шифрования на основе алгоритма «Кузнечик», с использованием неспециализированных вычислений на графических процессорах 392
Фазанова А.Д. Автоматизация формирования комплексной модели конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда 396
Фельдина Е.А. Оптимизация построения промышленной диалоговой системы с интерфейсом на естественном языке 400
Хорошева В.В. Методы поддержки режима дополненной реальности музейной среды 404
Чигиринский А.А. Метод мониторинга значимых факторов успеваемости студентов на основе эластичной сети 409
Шабаков Р.В. Модель многопутевой резервированной передачи данных 413
Шулепов В.А. Оптимизация параметров согласующего элемента на основе оптического волокна типа PANDA с VCSEL 416
Шумилина Н.Н. Торговое эмбарго и его влияние на внешнеэкономические отношения между странами 421
Шумова М.А. Математическое моделирование процесса осаждения магнитных наночастиц на стенку сосудов и их оптического нагрева 424
Ювшин А.М. Разработка и исследование технологии формирования сложнопрофильных деталей из термопластичных композиционных материалов 428

УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 433
Агаркова К.А. Разработка состава кисломолочного десерта для диетического питания 434
Андреев К.А. Расчет термонерасстраиваемых инфракрасных объективов с использованием дифракционных поверхностей 437
Андреева А.Г. Методика детектирования вредоносных сценариев JavaScript на основе анализа абстрактного синтаксического дерева 442
Андреева Я.М. Исследование процессов маркировки металлов фемто- и наносекундными лазерными импульсами 445
Бикмухаметов И.В. Восстановление теплового потока с помощью высокотемпературного преобразователя 449
Вагнер А.В. Автогенерация сценария управления подвижными креслами на основе видеопоследовательности в мультимедийных и тренажерных системах 454
Горлач Е.А. Повышение качества и биологической ценности вареных колбас на основе использования антиоксиданта – сезамина 457
Грибов А.В. Исследование динамических характеристик асинхронного электропривода с прямым управлением моментом 461
Желтышев М.А. Анализ загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга окислами азота по данным дистанционных измерений и результатам численного моделирования 465
Закирзянов И.Т. Построение конечных автоматов с применением итеративных программных средств решения задачи о выполнимости 469

Комилицын К.А. Программно-аппаратный комплекс для исследования методов стимуляции сердца....473
Кузичкина А.О. Исследование и разработка методов трассировки событий в параллельных и распределенных системах....477
Курганова Н.В. Разработка состава и технологии кисломолочного взбитого продукта с применением мякоти сливы....481
Малинина А.В. Анализ уязвимостей информационных систем и исследование поведения атак при защите системы от несанкционированного доступа....486
Мелентьева Е.А. Выявление источников загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями и другими специфическими примесями по данным регулярного мониторинга и результатам специализированных измерений....490
Молева М.А. Разработка предложений по повышению экологической эффективности процесса мойки оборудования на хлебопекарном предприятии на основе принципов НДТ и экологически более чистого производства....494
Николаев А.Д. Исследование влияния концевых фрез и совмещения черновой и чистовой обработки при изготовлении деталей из сплава АМг6....498
Николаев П.А. Моделирование и исследование технологии изготовления зубчатых венцов на гидроабразивном оборудовании....502
Овсянников Д.В. Автоматизация контроля характеристик состояния пчелиной семьи акустическими методами....506
Олисова А.О. Разработка рецептуры и технологии комплексного кисломолочного напитка для представителей циклических видов спорта....510
Панфилов П.А. Разработка и исследование специализированной оснастки для изготовления асферической оптики....514
Педанова Е.К. Система управления электропривода постоянного тока робота «Манипулятор-трипод»....518
Погребняк И.В. Анализ эффективности методов распознавания символов на изображениях, содержащих искажения....521
Покид А.В. Словарный поиск на основе фонетической слоговой модели слова....526
Романова Ю.Н. Разработка программного обеспечения для защиты тестирующих и обучающих программ на web-сайтах....530
Сафронова А.Н. Разработка лабораторного стенда для изучения технологических процессов и построения системы управления электропривода....534
Сергеев Д.А. Определение динамических характеристик преобразователей тепловых потоков....537
Смирнова Ю.Д. Исследование зависимости эффективности записи волоконных решеток Брэгга в анизотропных оптических волокнах от ориентации оси двулучепреломления....541
Тигунцева Е.Ю. Эффективность фотолюминесценции от перовскитов при добавлении наночастиц кремния....546
Тихомиров К.С. Разработка методики прогнозирования надежности паяных соединений поверхностного монтажа....549
Шаталова А.С. Исследование и обоснование рецептур и технологических параметров продуктов на зерновой основе функционального назначения....554
Юргель С.Д. Разработка состава и технологии биокиселя с применением печеных яблок....560

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Дизайн обложки Н.А. Потехина
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Редактор Л.Н. Точилина
Подписано к печати 06.02.2018
Заказ № 4130
Тираж 100 экз.