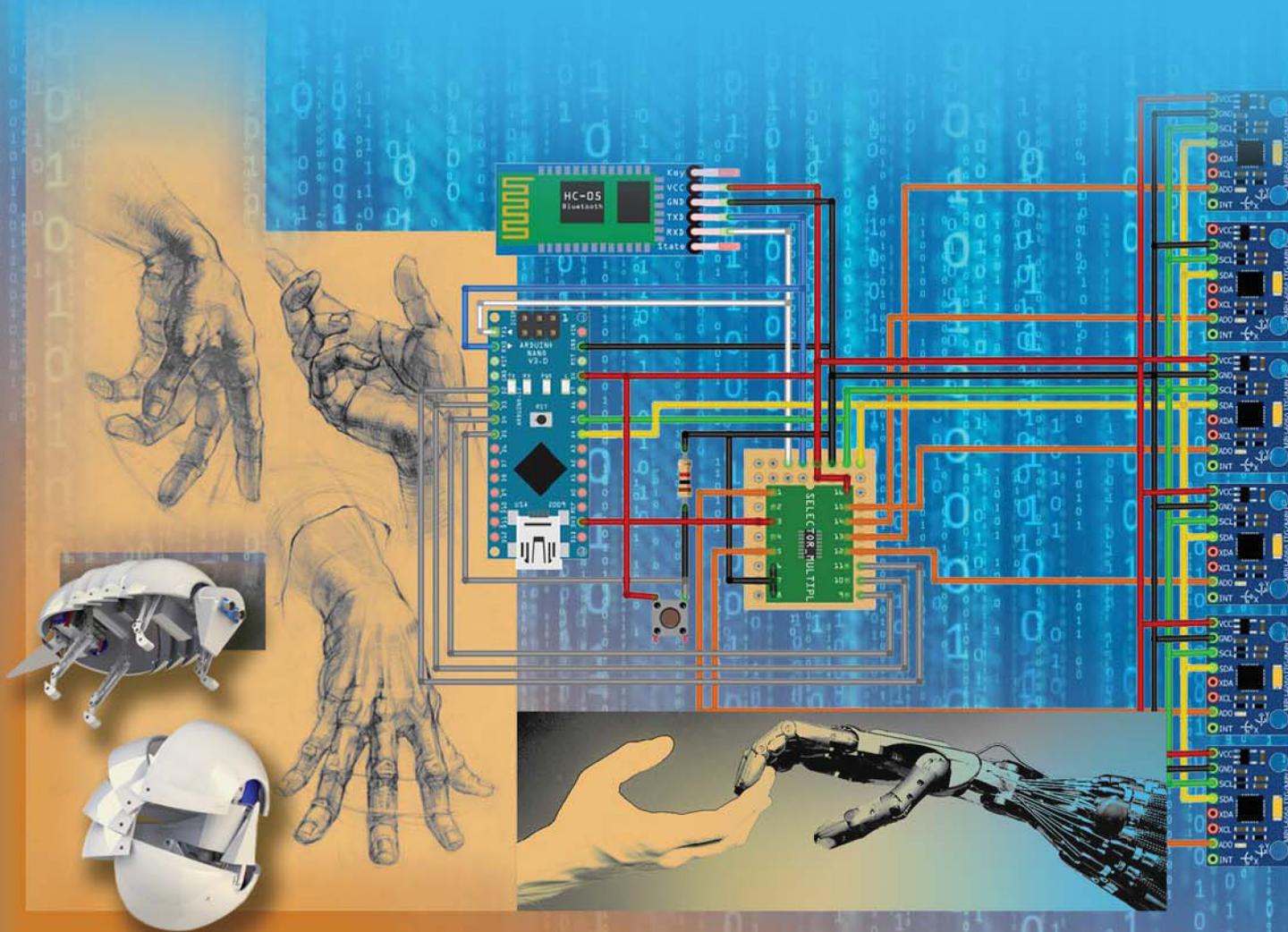




АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ  
ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

БАКАЛАВРОВ

2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**Аннотированный сборник  
научно-исследовательских  
выпускных квалификационных  
работ бакалавров  
Университета ИТМО**

Сборник трудов



Санкт-Петербург

2018

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ бакалавров Университета ИТМО / под ред. д.т.н., профессора В.О. Никифорова. Сборник трудов. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 280 с.

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

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



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

© Университет ИТМО, 2018

© Авторы, 2018

## ВВЕДЕНИЕ

«Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ бакалавров Университета ИТМО» опубликован по результатам конкурсов на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (НИВКР) среди бакалавров 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 бакалавров кафедрами было принято решение о выдвижении лучших работ в Государственную аттестационную комиссию (ГАК). По итогам работы ГАК были окончательно определены 89 лучших НИВКР на 30 кафедрах.

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

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

### Статистические данные участия бакалавров в Конкурсе

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	89	89
II	Конкурсы факультетов	89	32
III	Конкурс университета	32	10

По итогам Конкурса среди бакалавров были определены 10 победителей на «Лучшую НИВКР университета» и 22 лауреата, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество бакалавров, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу», составило 89 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 рект

ора Университета ИТМО № 892-од от  
13.09.2018 г.

**ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА  
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ  
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ БАКАЛАВРОВ**



**Вовк Татьяна Антоновна**

Год рождения: 1997

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра оптической физики и современного естествознания,  
группа № V3436

Направление подготовки: 12.03.03 – Физика наноструктур  
e-mail: tatiana.a.vovk@gmail.com

**УДК 538.935, 535-31**

## **ЛАЗЕРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ ИТТЕРБИЯ**

**Т.А. Вовк**

**Научный руководитель – д.ф.-м.н. Ю.В. Рождественский**

Лазерное охлаждение является обширной областью, охватывающей атомную физику, лазерную физику, квантовую оптику, и физику твердого тела. На сегодняшний день, лазерное охлаждение атомов, ионов и наноразмерных систем имеет множество приложений, среди которых фундаментальные исследования квантовой физики, такие как конденсация Бозе-Эйнштейна [1], квантовая информатика [2] и многие другие.

На современном этапе внимание сосредоточено на охлаждении и пленении более сложных и тяжелых объектов, таких как наночастицы [3] и биологические клетки [4]. Благодаря исследованиям оптического пленения и охлаждения наночастиц сформировалась самостоятельная область знаний – *оптомеханика*, рассматривающая взаимодействия оптических мод лазерного пучка и механических мод наночастиц, за счет которого возможны охлаждение, нагрев, и анализ движения нанообъекта [5]. Согласно базовым принципам оптомеханики, наночастицы, обычно диэлектрические наносферы, охлаждаются в стоячих оптических волнах в резонаторах. За счет модуляции интенсивности оптической решетки можно эффективно охлаждать *трансляционные (внешние) степени свободы* наночастицы.

Основные методы оптического охлаждения наночастиц отличаются от атомного охлаждения. Энергетические уровни твердых тел без примесей обладают гораздо более сложной структурой по сравнению с атомами или ионами: в *энергетических зонах* электронов кристаллического тела невозможно выделить конкретные энергетические уровни и линии в спектре. В таких твердых телах сложно подобрать конфигурации уровней, обеспечивающие цикличность процесса оптической накачки и последующего испускания. Поэтому охлаждение наноструктур непримесных систем основывается на взаимодействии излучения со *внешними механическими модами* структуры, а не со *внутренней энергетической конфигурацией* электронов.

Тем не менее, известно, что объемные твердые тела возможно охлаждать лазерами: лазерное охлаждение материалов, легированных редкоземельными элементами, основывается на явлении *антистоксовой флуоресценции* [6]. В подобных системах резонансные переходы обеспечиваются энергетической структурой редкоземельных элементов. При взаимодействии нанокристалла такой примесной системы с оптическим излучением за счет его малой массы проявляется *эффект отдачи*, характерный для атомов и ионов [6]. Следовательно, нанокристалл, легированный редкоземельными элементами, обладает резонансными переходами на невырожденных уровнях примеси и испытывает внешние толчки при актах поглощения и испускания излучения.

Существенным отличием нанокристалла от атома или иона является его масса: она больше атомной массы в  $10^6$  раз. Эффективность лазерного охлаждения определяется величиной *энергии фотонной отдачи* при каждом акте поглощения или испускания, которая зависит от массы охлаждаемой частицы. Так, энергия отдачи, отнимаемая у атома, больше энергии отдачи для нанокристалла, поэтому скорость торможения нанокристалла будет значительно меньше, и нанокристалл может покинуть область *оптического воздействия* до того, как полностью охладится.

В связи с этим для охлаждения нанокристалла обязательно необходимо его локализация. В настоящее время основными способами локализации частиц являются *оптическая дипольная ловушка* и *радиочастотная (ионная) ловушка*. Локализация в *оптической ловушке*, работающей за счет дипольных сил, требует сильную связь нанокристалла с полем, что препятствует охлаждению. Поле *радиочастотной ловушки*, работающей за счет кулоновских сил, действующих на поверхностно заряженный нанокристалл [7], слабо влияет на процессы охлаждения и поэтому является подходящим инструментом для охлаждения наночастиц.

Недавно [6] был предложен метод охлаждения сферических диэлектрических нанокристаллов, легированных ионами иттербия, в радиочастотной ловушке, сочетающий 'доплеровское' лазерное охлаждение внешних степеней свободы и внутреннее охлаждение кристаллов примесных систем. Он позволяет охлаждать нанокристалл до сверхнизких температур  $10^{-8}$  К, приближающих нанокристалл к квантовому состоянию.

Целью данной выпускной квалификационной работы является *теоретическое описание глубокого трансляционного охлаждения нанокристаллов флюорита (CaF<sub>2</sub>), легированных ионами иттербия (Yb<sup>3+</sup>), основанного на когерентных методах рамановского охлаждения атомных систем в квадрупольной радиочастотной ловушке*. Рассмотрена когерентная динамика населенности в трехуровневых  $\Lambda$ -системах при воздействии рамановскими импульсами, показана общая конфигурация метода охлаждения нанокристалла в ловушке, а также приведены траектории нанокристалла при воздействии рамановскими УФ импульсами и оценки конечных температур охлаждения. Достижимые температуры трансляционного движения  $10^{-11}$  К позволяют говорить о возможности перехода нанокристалла в *макроскопическое квантовое состояние*, при котором объект проявляет квантовые свойства во внешней динамике. С помощью таких охлажденных наночастиц возможно фундаментальное исследование макроскопических квантовых состояний, волн материи и редукции волновой функции.

Основные результаты дипломной работы опубликованы в Journal of Optical - Society of America B: Semyon S Rudyi, Tatiana A Vovk, Anton V Kovalev, Vadim M Polyakov, Andrei V Ivanov, Evgeniy Y Perlin, Yurii V Rozhdestvensky, *Deep laser cooling of rare-earth-doped nanocrystals in a radio-frequency trap* // J. Opt. Soc. Am. B. – 2017. – Т. 34. – №. 12. – С. 2441-2445.

### Литература

1. Davis K. B. et al. Bose-Einstein condensation in a gas of sodium atoms // Phys. Rev. Lett. – 1995. – Т. 75. – №. 22. – С. 3969.
2. Cirac J. I., Zoller P. Quantum computations with cold trapped ions // Phys. Rev. Lett. – 1995. – Т. 74. – №. 20. – С. 4091.
3. Gieseler J. et al. Subkelvin parametric feedback cooling of a laser-trapped nanoparticle // Phys. Rev. Lett. – 2012. – Т. 109. – №. 10. – С. 103603.
4. Romero-Isart O. et al. Toward quantum superposition of living organisms // New J. Phys. – 2010. – Т. 12. – №. 3. – С. 033015.
5. Aspelmeyer M., Kippenberg T. J., Marquardt F. Cavity optomechanics // Rev. Mod. Phys. – 2014. – Т. 86. – №. 4. – С. 1391.

6. Rudyi S. S. et al. Deep laser cooling of rare-earth-doped nanocrystals in a radio-frequency trap // *J. Opt. Soc. Am. B.* – 2017. – Т. 34. – №. 12. – С. 2441-2445.
7. Diaz-Torres L. A. et al. Enhanced cooperative absorption and upconversion in Yb<sup>3+</sup>-doped YAG nanophosphors // *Opt. Mater.* – 2005. – Т. 27. – №. 7. – С. 1305-1310.



**Кормилина Татьяна Константиновна**

Год рождения: 1996

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра оптической физики и современного естествознания,  
группа № V3436

Направление подготовки: 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика  
e-mail: vemavra@mail.ru

**УДК 535.34+535.37**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ  
НАНОПЛАСТИН СЕЛЕНИДА КАДМИЯ И ИХ ГЕТЕРОСТРУКТУР**

**Т.К. Кормилина**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., н.с. С.А. Черевков**

Актуальной задачей оптического материаловедения является поиск новых материалов с уникальными оптическими характеристиками и методов усовершенствования определенных свойств уже известных материалов, хорошо интегрированных в различные сферы жизни. Одними из наиболее интересных материалов современности являются коллоидные двумерные полупроводниковые нанокристаллы (нанопластины), в которых эффект пространственного конфинмента приводит к принципиальным изменениям свойств нанокристалла относительно объемного материала [1].

Комбинация различных полупроводниковых материалов может привести к значительному улучшению свойств нанокристалла, как это уже используется для квантовых точек и наностержней [2, 3]. В таких гетероструктурах реализуются оптические, электрические и магнитные явления, недоступные однокомпонентным нанокристаллам [4].

В результате выполнения данной работы были синтезированы нанопластины CdSe толщиной 4 и 5 монослоев, с фундаментальным экситонным переходом в областях 398 и 460 нм. Приведен пример возможности контроля оптических свойств нанопластин через их толщину за счет изменений условий синтеза.

Было проведено сравнение оптических свойств нанопластин с таковыми у квантовых точек с целью показать преимущества люминесцентных параметров нанопластин. Так ширина полосы люминесценции нанопластин в 3 раза уже, чем у квантовых точек, что позволяет получить более монохроматическое излучение. При поглощении в одной области длин волн, полоса люминесценции нанопластин намного меньше смещена в длинноволновую область. При этом было выявлено, что затухание люминесценции в нанопластинах проходит намного быстрее, чем в сферических нанокристаллах. Полученные спектры приведены на рис.1.

Были синтезированы нано-гетеропластины структуры типа ядро/корона CdSe/CdS с помощью процедуры латерального продления нанопластин CdSe толщиной 6 монослоев. Результаты их исследования приведены на рис. 2. Элементный анализ отдельной нанопластины полученный методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии показал соотношение селена и серы как 2:5. Изучались абсорбционно-люминесцентные свойства пластин, анализ которых показал появление дополнительных максимумов поглощения на длинах волн, соответствующих оптическим переходам CdS [5], и сохранение формы и положения полосы люминесценции. Таким образом, подтверждено наличие эффективного переноса экситонов с короны на ядро.

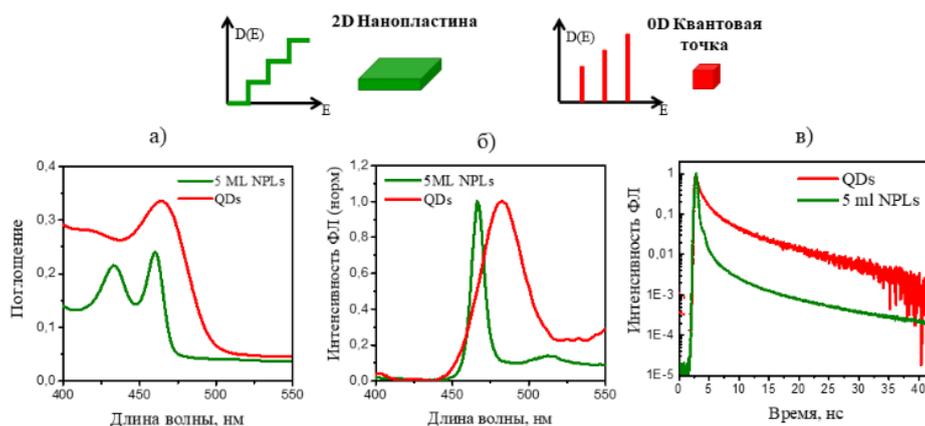


Рис. 1. Сравнение оптических свойств нанокристаллов CdSe с трехмерным (квантовые точки) и одномерным (нанопластины) квантовым конфайнментом:  
 а) – поглощение, б) – фотолюминесценция, в) – кинетика затухания ФЛ.  
 В верхней части приведены схематические обозначения нанокристаллов и их плотности электронных состояний.

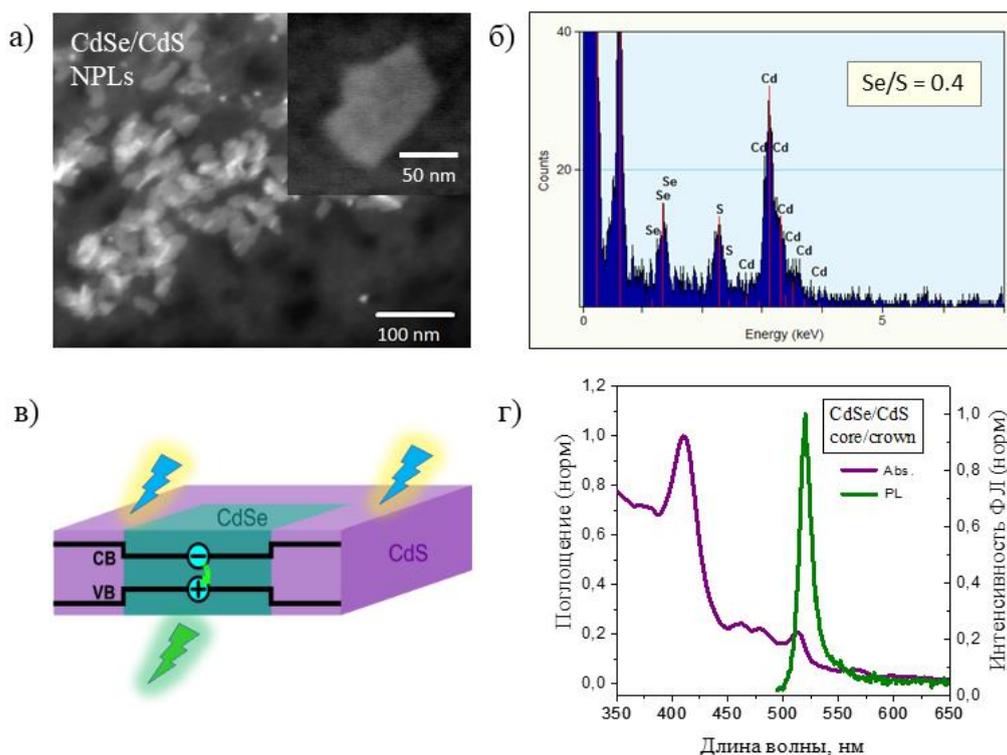


Рис. 2. Исследование нано-гетеропластин CdSe/CdS структуры «ядро/корона»: а) изображение с электронного микроскопа, б) элементный анализ отдельной нанопластины, в) схематическое изображение энергетической структуры, г) спектры поглощения и фотолюминесценции.

Результаты данной работы позволяют определить и понять физические процессы, формирующие оптические и электрические параметры нанопластин, важные для их практического применения. Будущее этой области связано с расширением

линейки доступных материалов для образования гетероструктур, корректировкой процедур синтеза, а также обеспечением защиты нанокристаллов от внешнего воздействия и созданием оптимальных условий эксплуатации, которые позволят сохранить уникальные свойства коллоидных нано-гетеропластин.

### Литература

1. Ithurria S., Bousquet G., Dubertret B. Continuous transition from 3D to 1D confinement observed during the formation of CdSe nanoplatelets // *J. Am. Chem. Soc.* 2011. Vol. 133, № 9. P. 3070–3077.
2. Kim S. et al. Type-II quantum dots: CdTe/CdSe(core/shell) and CdSe/ZnTe(core/shell) heterostructures // *J. Am. Chem. Soc. American Chemical Society*, 2003. Vol. 125, № 38. P. 11466–11467.
3. Manna L. et al. Epitaxial growth and photochemical annealing of graded CdS/ZnS shells on colloidal CdSe nanorods // *J. Am. Chem. Soc. American Chemical Society*, 2002. Vol. 124, № 24. P. 7136–7145.
4. Wu K. et al. Efficient and ultrafast formation of long-lived charge-transfer exciton state in atomically thin cadmium selenide/cadmium telluride type-II heteronanosheets // *ACS Nano*. 2015. Vol. 9, № 1. P. 961–968.
5. Ithurria S. et al. Colloidal nanoplatelets with two-dimensional electronic structure // *Nat. Mater.* Nature Publishing Group, 2011. Vol. 10, № 12. P. 936–941.



**Масюков Максим Сергеевич**

Год рождения: 1996

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра фотоники и оптоинформатики,  
группа № V3400

Направление подготовки: 12.03.03 – Фотоника и Оптоинформатика  
e-mail: msmasyukov@corp.ifmo.ru

**УДК 535.518**

**РАЗРАБОТКА КИРАЛЬНОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ  
С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ  
ЧАСТОТ**

**М. С. Масюков**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., А.В. Возианова**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 715792 «Мало- и неинвазивная диагностика и терапия социально-значимых заболеваний электромагнитным излучением инфракрасного и терагерцевого диапазона частот».

Метаматериалы – класс искусственно произведенных композиционных материалов, свойства которых обусловлены не столько особенностями его элементов, сколько искусственно созданной периодической структурой [1]. Метаматериалы, как объёмные, так и планарные (метаповерхности), являются предметом растущего интереса ученых-физиков с практической и теоретической точки зрения. Прежде всего, это связано с их уникальными редкими свойствами, такими как отрицательные диэлектрическая и магнитная проницаемость, аномальная дисперсия показателя преломления, би-изотропия и др. Одним из наиболее интересных рабочих диапазонов частот метаматериалов является терагерцевый, ввиду своего широкого применения в биомедицине, экологическом мониторинге и контроле качества продуктов [2].

Взаимодействие излучения с частотой 0.1 – 10 ТГц с различными материалами не было полноценно исследовано ввиду недостатка качественных источников, приемников и пассивных элементов, таких как волновые пластинки, вращатели поляризации и т.п. Одним из возможных решений проблемы является создание пассивных элементов на основе метаматериалов. Использование киральных метаповерхностей в качестве преобразователей поляризации имеет несколько преимуществ по сравнению с другими поляризаторами, такие, как малые габариты, небольшая цена изготовления, высокая чувствительность, а так же достижение управления состоянием поляризации излучения при помощи изменения свойств включений в виде графена, диоксида ванадия, углеродных нанотрубок и т.д [3]. Управляемые киральные метаповерхности могут использоваться в биомедицине, например, при исследовании отклика биологических тканей на терагерцевое излучение с различным состоянием поляризации.

Целью данного исследования была разработка преобразователя поляризации с управляемыми характеристиками на основе киральной метаповерхности в терагерцевом диапазоне частот. Для этого были проведены численные моделирования метаповерхностей с различной формой, шириной и положением резонатора в элементарной ячейке в диапазоне частот 0.1-0.6 ТГц, а так же был проведен расчёт их поляризационных характеристик. На основе результатов численного моделирования были изготовлены прототипы метаповерхностей, одна из которых была исследована

методом импульсной терагерцевой спектроскопии.

Среди множества киральных элементов для исследования был выбран гаммадион с симметрией 4 порядка и лепестками в виде полуколец. Выбор данной структуры обосновывается относительной простотой её изготовления, а так же тем, что поляризационные свойства метаповерхности с такой элементарной ячейкой не исследовались в терагерцевом диапазоне частот. Схематическое изображение и параметры ячейки показаны на рис. 1.

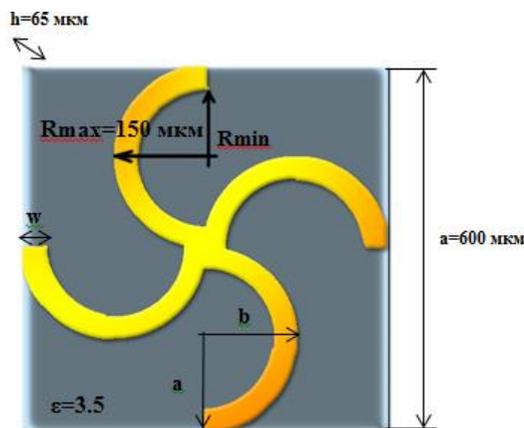


Рис. 1. Схематическое изображение элементарной ячейки исследуемой метаповерхности

При помощи численного моделирования в пакете CST Microwave Studio было выявлено влияние геометрических параметров резонатора на поляризационные свойства метаповерхностей. Выяснено, что увеличение ширины резонатора влечет к сдвигу резонансов в высокочастотную область, а также к изменению угла эллиптичности пройденного излучения. Также выяснено, что уменьшение отношения полуосей эллипса лепестка  $b/a$  ведёт к увеличению угла эллиптичности пройденного излучения. Вращение лепестков приводит к изменению характера эллиптической поляризации: так, правозакрученная поляризация может стать левозакрученной. Результаты моделирования показаны на рис. 2.

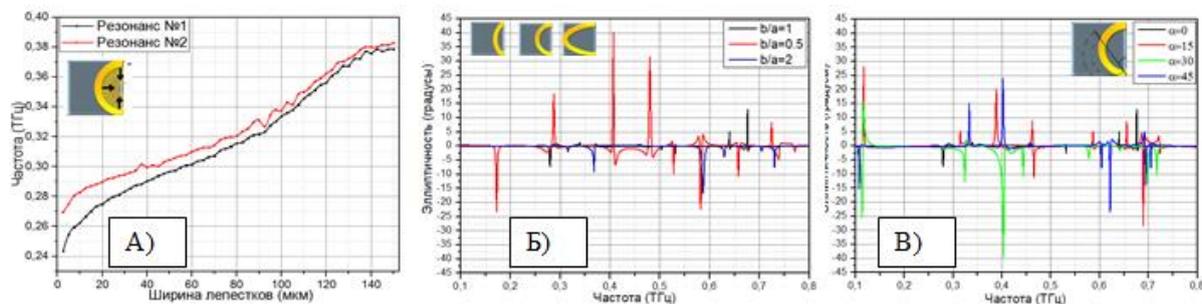


Рис. 2. Результаты численного моделирования метаповерхностей с различными параметрами: А) зависимость частоты резонанса от ширины лепестка; Б) Зависимость угла эллиптичности от отношения полуосей эллипса лепестков  $b/a$ ; В) Зависимость угла эллиптичности от угла поворота кирального элемента  $\alpha$

По результатам численного моделирования при помощи лазерной гравировки изготовлен прототип метаповерхности. Экспериментальное исследование метаповерхности методом терагерцевой импульсной спектроскопии практически совпадает с исследованием, проведенным при помощи численного моделирования

пропускания, если учитывать дефекты удаления части лепестков и вносить погрешность непостоянства ширины лепестка. Усечение лепестка влияет на частоту резонанса метаповерхности, в связи с чем резонанс сдвигается в область больших длин волн.

В дальнейшем планируется экспериментальная оценка преобразования поляризации, исследование и создание прототипа управляемой при помощи графена метаповерхности и теоретическое описание зависимостей влияния геометрических параметров на резонансные частоты метаповерхностей.

### Литература

1. Кившарь Ю. С., Орлов А. А. Перестраиваемые и нелинейные метаматериалы //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – №. 3 (79).
2. Woolard D. L., Loerop W. R., Shur M. Terahertz sensing technology: emerging scientific applications & novel device concepts. – Нью-Йорк, World scientific, 2003. – Т. 2.
3. Philip E. et al. Review on Polarization Selective Terahertz Metamaterials: from Chiral Metamaterials to Stereometamaterials //Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. – 2017. – Т. 38. – №. 9. – С. 1047-1066.



**Тепляков Никита Владимирович**

Год рождения: 1996

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра оптической физики и современного естествознания,  
группа № V3435

Направление подготовки: 12.03.03 – Оптика наноструктур  
e-mail: tepliyakov.nikita@gmail.com

**УДК 538.915, 538.97**

## **ВНУТРИЗОННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ ХИРАЛЬНЫХ ФОРМ**

**Н.В. Тепляков**

**Научный руководитель – д.ф.-м.н. И.Д. Рухленко**

Работа выполнена в рамках тем НИР 370064 «Разработка методов оптомеханического разделения энантиомеров неорганических наночастиц», НИР 17814 «Разработка и исследование трехкомпонентных гибридных наноструктур для солнечной энергетики», НИР 415832 «Новые методы создания искусственной оптической активности полупроводниковых нанокристаллов», НИР 713561 «Оптические и электрические свойства гибридных наноматериалов на основе углеродных, полупроводниковых и металлических наноструктур», НИР 330525 «Разработка новых систем хиральных квантовых точек и их применение».

В число интересующих современную науку задач входит разработка способов динамического изменения отклика полупроводниковых нанокристаллов на внешнее оптическое излучение [1]. Такие нанокристаллы широко известны благодаря их особым люминесцентным свойствам, которые открывают множество возможностей для их применения в биомедицине и других областях [2].

В частности, нанокристаллы могут использоваться для детектирования и распознавания химических веществ, адресной доставки лекарственных препаратов, исследования физиологических процессов в биологических клетках и уничтожения клеток в злокачественных образованиях. Для реализации данных возможностей необходимо уметь предсказывать и управлять оптическими свойствами нанокристаллов различных геометрий, составов и размеров.

Особое значение в последнее время придается *хиральным* полупроводниковым нанокристаллам и наноструктурам, собранным из этих нанокристаллов [3]. По определению, хиральные объекты не могут быть совмещены со своим зеркальным отражением и поэтому существуют в форме двух энантиомеров. Вообще говоря, хиральность – это свойство симметрии, присущее *всей* биологической жизни, в том числе и человеку, вследствие чего энантиомеры хиральных лекарственных молекул оказывают различное воздействие на человеческий организм [4]. Перед современной органической химией и фармакологией особенно остро стоит вопрос детектирования и разделения энантиомеров хиральных лекарственных молекул.

Один из наиболее многообещающих способов детектирования энантиомеров молекул основан на применении хиральных полупроводниковых нанокристаллов [5]. Перспективность использования нанокристаллов в первую очередь обусловлена тем, что нанокристаллы хорошо адсорбируют на своей поверхности органические молекулы, причем в случае хиральных нанокристаллов наблюдается ярко выраженная

избирательность в захвате различных энантиомеров. Дополнительным преимуществом является то, что нанокристаллы взаимодействуют с оптическим излучением намного сильнее, нежели органические молекулы.

Исследуя комплексы хиральных нанокристаллов и молекул оптическим излучением, можно получать информацию об энантиомерном составе молекулярной смеси по люминесценции и поглощению нанокристаллов, связанных с молекулами. Также, воздействуя на нанокристаллы хиральными световыми полями, можно осуществлять пространственное разделение энантиомеров нанокристаллов за счет действующих на них хиральных сил светового давления и тем самым разделять энантиомеры лекарственных молекул.

Практическая реализация подобных методик требует развития точных моделей оптической активности хиральных нанокристаллов, которые позволят предсказывать и регулировать в широких пределах отклик нанокристаллов на хиральные оптические поля и силу их взаимодействия с энантиомерами органических молекул. Целью данной выпускной квалификационной работы была *разработка теории оптической активности полупроводниковых нанокристаллов*, хиральность которых является следствием малого отклонения их формы от идеальной.

В первой части дипломной работы была разработана общая теория оптической активности полупроводниковых нанокристаллов, чья электронная подсистема возмущена произвольным хиральным потенциалом. Разработанный в работе подход позволяет рассчитывать вращательные силы переходов и соответствующие им коэффициенты диссимметрии, а также моделировать спектры кругового дихроизма хиральных полупроводниковых нанокристаллов. Во второй части работы разработанная теория была применена к изучению оптической активности хиральных полупроводниковых нанокристаллов с неоднородностями формы, возникающими благодаря наличию поверхностных и объемных дефектов. Было показано, что величина оптической активности таких нанокристаллов на несколько порядков превышает величину активности в типичных хиральных молекулах.

По результатам работы можно сделать вывод, что маленькие полупроводниковые нанокристаллы хиральной формы, благодаря сильной диссимметрии их оптических свойств, представляют собой перспективную материальную базу для применений в таких отраслях науки, как биомедицина, химия и нанофотоника. В частности, реализация полной диссимметрии поглощения внутри нанокристаллов позволит усилить энантиоселективность той силы, с которой свет с круговой поляризацией воздействует на полупроводниковый нанокристалл. Данная особенность может найти применение в ряде перспективных способов усовершенствования хиральных и аналитических методов, используемых в биофизике, химии и фармакологии.

## Литература

1. Smith A.M., Nie S. Semiconductor nanocrystals: structure, properties, and band gap engineering // Acc. Chem. Res. 2009. Vol. 43, № 2. P. 190–200.
2. Wang K.L. et al. Ge/Si self-assembled quantum dots and their optoelectronic device applications // Proc. IEEE. 2007. Vol. 95, № 9. P. 1866–1883.
3. Zhang J. et al. Chiral nanotechnology // Chirality. 2005. Vol. 17, № 7. P. 404–420.
4. Bonner W.A. Chirality and life // Orig. Life Evol. Biosph. 1995. Vol. 25, № 1. P. 175–190.
5. Martynenko I. V et al. Enantioselective cellular uptake of chiral semiconductor nanocrystals // Nanotechnology. 2016. Vol. 27, № 7. P. 75102.



**Шарипо Константин Дмитриевич**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра световых технологий и оптоэлектроники,  
группа № В3430

Направление подготовки: 12.03.05 – Лазерная техника  
и лазерные технологии  
e-mail: k.sharipo@mail.ru

**УДК 681.7.062**

**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗОНАНСНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛОВ AlGaAs/GaAs БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА»**

**К.Д. Шарипо**

**Научный руководитель – д. ф.-м. н., доцент В.Е. Бугров**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 416036 «Разработка кристалла резонансного р-і-п фотоприемника спектрального диапазона 850 нм для приема сверхвысокочастотных сигналов в оптоволоконных линиях связи».

В системе передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи используются полупроводниковые источники и приемники излучения, основанные на многослойных гетероструктурах. В качестве таких приборов выступают вертикально-излучающий лазер (ВИЛ) [1] и резонансный р-і-п фотодиод (РФД) [2], оптические свойства которых зависят от конструкции распределенного брэгговского отражателя (РБО) [3].

В процессе конструирования резонансных приборов используются математические модели расчета спектрального коэффициента отражения. Часто используемые математические модели основаны на приближительных методах расчета, вследствие чего, выращенные структуры могут отличаться от заявленных конструктивных параметров.

Целью выпускной квалификационной работы является математическое моделирование оптических свойств высокоскоростных полупроводниковых приборов приема и генерации оптического излучения, работающих в спектральном диапазоне 840 -860 нм.

В ходе работы необходимо было определить наиболее подходящую модель расчета оптических свойств полупроводниковых приборов, описать ее программным кодом и проверить точность расчетов на результатах эксперимента.

Для моделирования оптических свойств многослойных структур часто используют матричные методы расчета. Наиболее распространен расчет методом характеристических матриц [4]. Каждый слой в многослойной системе можно описать характеристической матрицей. Для описания слоя необходимо знать показатель преломления и его толщину:

$$M_j = \begin{bmatrix} m_{11} & im_{12} \\ im_{21} & m_{22} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $m_{11} = m_{22} = \cos \varphi_j$ ,  $m_{21} = in_j \sin \varphi_j$  и  $m_{12} = \frac{1}{n_j} \sin \varphi_j$ .

После описания каждого слоя рассчитывают матрицу эквивалентного слоя, которая характеризует всю многослойную систему. Для получения данной матрицы необходимо последовательно перемножить характеристические матрицы слоев, входящих в систему:

$$\begin{bmatrix} E_0 \\ H_0 \end{bmatrix} = M_1 \times M_2 \times \dots \times M_{m-1} \times \begin{bmatrix} E_m \\ H_m \end{bmatrix} = M \times \begin{bmatrix} E_m \\ H_m \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $M = \prod_{j=1}^m M_j$ .

И далее используя матрицу рассчитывают коэффициенты отражения и пропускания многослойной структуры:

$$\begin{cases} r_0^- = \frac{E_0^{(r)}}{E_0^{(t)}} = \frac{n_0(m_{11} + in_m m_{12}) - (n_m m_{22} + im_{21})}{n_0(m_{11} + in_m m_{12}) + (n_m m_{22} + im_{21})} \\ t_0^- = \frac{1}{E_0^{(t)}} = \frac{2n_0}{n_0(m_{11} + in_m m_{12}) + (n_m m_{22} + im_{21})} \end{cases} \quad (3)$$

С помощью данного метода возможно моделировать только нормальное падение излучения на систему слоев.

Также для моделирования оптических свойств используют метод передаточных матриц [5]. Данный метод отличается от предыдущего тем, что для описания матрицы слоя необходимо знать оптические параметры как текущего слоя, так и предыдущего, что усложняет программное описание данного матричного метода:

$$\begin{bmatrix} E_{j+1}^+ \\ E_{j+1}^- \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{1 + 1/\gamma_j^R}{c_j^-} & \frac{1 - 1/\gamma_j^R}{c_j^+} \\ \frac{1 - 1/\gamma_j^R}{c_j^-} & \frac{1 + 1/\gamma_j^R}{c_j^+} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_j^+ \\ E_j^- \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где  $\gamma_j^R = \gamma_j/\gamma_{j+1}$ ,  $\varepsilon_j^R = n_j/n_{j+1}$ ,  $c_j^\pm = \exp(i(\gamma_{j+1} \pm \gamma_j)z_j)$ ,  $z_j$  – координата границы слоев.

Для получения матрицы эквивалентного слоя, необходимо перемножить передаточные матрицы с конца структуры:

$$\begin{bmatrix} E_m^+ \\ E_m^- \end{bmatrix} = T_{m-1}^{TE} \times T_{m-2}^{TE} \times \dots \times T_1^{TE} \times \begin{bmatrix} E_0^+ \\ E_0^- \end{bmatrix} = T^{TE} \times \begin{bmatrix} E_0^+ \\ E_0^- \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где  $T^{TE} = \prod_{j=m-1}^1 T_j^{TE}$ .

После расчета матрицы эквивалентного слоя возможно рассчитать спектры отраженного и прошедшего излучения. Отраженному излучению соответствует амплитуда  $E_0^-$ , а прошедшему  $E_m^+$ . Амплитуда  $E_0^+$  носит нормировочный характер и для простоты расчета обычно принимается за 1.  $E_m^-$  – амплитуда падающего излучения с конца системы слоев и обычно равна 0. Преимуществами данного метода являются возможность моделирования падения излучения под определенным углом, а

не только по нормали, и сохранение фазовой информации излучения в системе слоев, что позволяет моделировать распределение амплитуды электромагнитного поля в системе слоев.

В разработанной программе используется метод характеристических матриц, так как на данный момент требуется производить расчет спектрального коэффициента отражения многослойных систем. Но также уже разработан программный код, использующий метод передаточных матриц, для расчета распределения электромагнитного поля в системе слоев оптических структур. В данном программном решении возможно производить быстрый расчет спектральных характеристик оптических структур в определенном спектральном диапазоне. Также есть возможность моделировать структуры, состоящие из таких соединений, как AlGaAs, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, InGaP, InGaAs и вводить в расчет собственные показатели преломления. Помимо этого, разрабатывается возможность введения в область построения данных, полученных при исследовании выращенных структур.

В процессе работы над проектом 416036 «Разработка кристалла резонансного р-і-п фотоприемника спектрального диапазона 850 нм для приема сверхвысокочастотных сигналов в оптоволоконных линиях связи» были выращены структуры РФД и РБО.

На рисунке 1а видно, что полосы пропускания РБО у рассчитанного и измеренного графиков располагаются в одном спектральном диапазоне. У измеренного графика максимальный коэффициент отражения больше 1, что допустимо в пределах погрешности измерений.

На рис. 1б видно, что расположение экстремумов рассчитанного коэффициента отражения соответствует расположению экстремумов коэффициента отражения выращенной структуры.

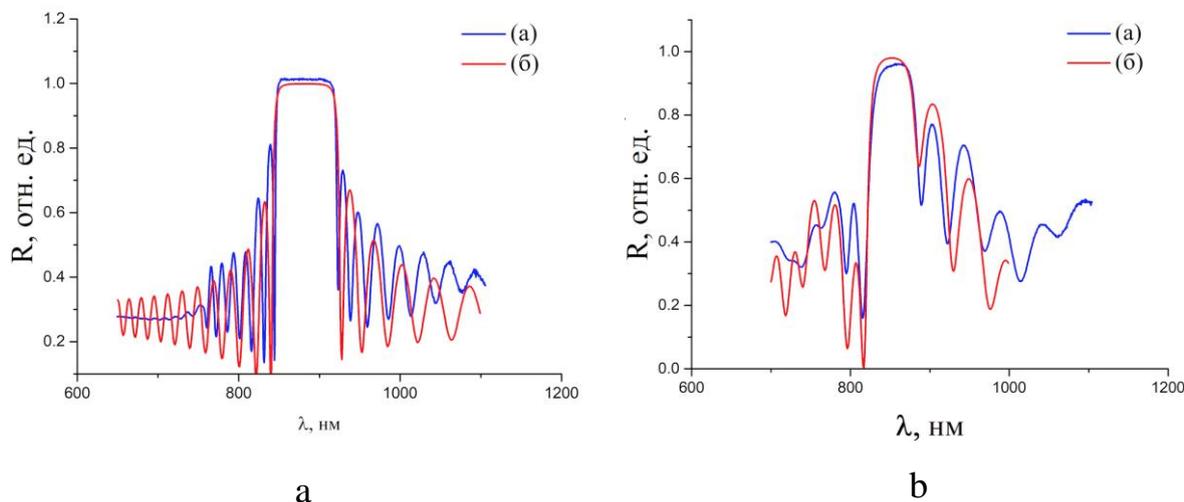


Рис. 1. а: (а) измеренный, (б) рассчитанный спектральные коэффициенты отражения РБО;  
б: (а) измеренный, (б) рассчитанный спектральные коэффициенты отражения РФД

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была определена подходящая математическая модель определения спектральных свойств многослойных структур, на основе которой был разработан программный пакет, позволяющий проектировать полупроводниковые многослойные гетероструктуры. Сравнение вычисленных спектральных характеристик с экспериментальными показало

соответствие расчета и эксперимента, благодаря чему можно сделать вывод, что разработанная программа допустима при проектировании сложных многослойных оптических структур.

Результаты проведенных работ были представлены на VII Конгрессе молодых ученых (КМУ) и 19-й Всероссийской молодежной конференции.

#### Публикации:

1. Kolodeznyi, E.S. Study of antireflection coatings for high-speed 1.3 -1.55  $\mu\text{m}$  InGaAs/InP PIN photodetector / E.S. Kolodeznyi, I.I. Novikov, A.G. Gladyshev, S.S. Rochas, K.D. Sharipo, L.Y. Karachinsky, A.Y. Egorov, V.E. Bougrov // *Materials Physics\_ and Mechanics*. – 2017. – Vol. 32. – № 2. - Pp. 194–197
2. Рочас С.С. Разработка гетероструктуры резонансного Р-I-N фотоприемника спектрального диапазона 840–860 нм / С.С. Рочас, К.Д. Шарипо, Е.С. Колодезный, О.А. Козырева, А.Ю. Егоров // *Неделя науки СПбПУ: Материалы научного форума с международным участием (Санкт-Петербург, 13–19 ноября 2017 г.)*. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. – 2017. – С. 272–274
3. Рочас С.С. Гетероструктура резонансного р-і-п фотоприемника спектрального диапазона 850 нм / С.С. Рочас, Е.С. Колодезный, К.Д. Шарипо, О.А. Козырева, И.И. Новиков, А.Ю. Егоров // *Физика полупроводников и наноструктур, полупроводниковая опто- и наноэлектроника: Тезисы докладов 19-й Всероссийской молодежной конференции*. – 2017. – С. 82

#### Литература

1. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника. – М.: Высш. школа, 2001.
2. Малеев Н. А. и др. Конструкция и технология изготовления вертикально излучающих лазеров с непроводящими эпитаксиальными зеркалами // *Физика и техника полупроводников*. – 2003. – Т. 37. – № 10. – С. 1265–1269.
3. Путилин Э. С. Оптические покрытия // СПб: СПбГУ ИТМО. – 2010.
4. Султанов А. Х., Багманов В. Х., Костров С. В. Рекуррентный синтез многослойного диэлектрического селективного зеркала // *Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*. – 2014. – Т. 18. – № 2 (63).
5. Клеченов К. С., Синев А. Е. Моделирование и расчет оптической системы вертикально-излучающего лазера при помощи матриц передачи. Труды 66-й НТК, посвящённой Дню радио. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 19–29 апреля 2015.



**Демченко Пётр Сергеевич**

Год рождения: 1996

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра фотоники и оптоинформатики,  
группа № V3400

Направление подготовки: 12.03.03 – Оптические и квантовые технологии передачи, записи и обработки информации

e-mail: petr.s.demchenko@gmail.com

**УДК 535-14**

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ И СПЕКТРАЛЬНЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК  
ПРИ ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКЕ В ТЕРАГЕРЦОВОМ  
ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ  
ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**П.С. Демченко**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент М.К. Ходзицкий**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 715792 «Мало- и неинвазивная диагностика и терапия социальнозначимых заболеваний электромагнитным излучением инфракрасного и терагерцевого диапазона частот».

На настоящий момент излучение терагерцевого диапазона частот (ТГц излучение) широко используется в различных применениях, таких как: ТГц сканирование в системах безопасности [1], ТГц томография, ТГц двумерное сканирование для анализа предметов культурного наследия, контроль качества электронной продукции, ТГц коммуникационные системы, приложения в медицине.

В каждом применении требуются компоненты для управления терагерцевым излучением. По мимо этого, имеют ценность устройства, параметрами и свойствами которых можно управлять, то есть изменять. Способностью к изменению свойств и характеристик в терагерцевом диапазоне частот обладают такие материалы как: графен, жидкие кристаллы, оксид ванадия ( $\text{VO}_2$ ), углеродные нанотрубки (УНТ);

Углеродные нанотрубки представляют из себя полую цилиндрическую структуру свёрнутого в трубку слоя графена или свернутых нескольких слоев. Данная структура имеет замечательные механические, тепловые электрические и оптические свойства. По мимо этого, выравненные и хаотично расположенные нанотрубки могут показывать различные свойства. УНТ были изучены во многих частотных диапазонах электромагнитного излучения, однако в терагерцевом диапазоне частот тонкие пленки УНТ начали активно изучать только в последнее время.

Целью данной работы является исследовать тонкую пленку из одностенных углеродных нанотрубок в терагерцевом диапазоне частот под воздействием оптического излучения влияние денсификации (уплотнения) на свойства образца.

Образец тонкой пленки УНТ был получен методом химического осаждения из газовой фазы [2]. Преимуществом данного метода является получения тонкой пленки УНТ на нитроцеллюлозном фильтре с микропорами. Так можно легко переносить тонкие пленки УНТ на различные поверхности. Параметры исследуемого образца: материал подложки – тефлон, его толщина 350 мкм, длина нанотрубок ~15 мкм, Диаметр нанотрубок 1,3 – 2 нм, Толщина пленки УНТ 55 нм. По краям образца был

нанесен слой серебряного клея для измерения сопротивления в постоянном токе. Образцы были измерены на терагерцовом импульсном спектрометре. В схеме дополнительно стоял инфракрасный лазер на 980 нм, который освещал пленку УНТ, интенсивность излучения варьировалась от 0,312 до 0,7 Вт/см<sup>2</sup>.

На терагерцовом импульсном спектрометре были получены амплитудно-временные формы терагерцового излучения. После применения к ним быстрого Фурье преобразования были посчитаны оптические свойства и спектральные характеристики пленок УНТ на тефлоновой подложке методом тонких пленок [3, 4]. Были рассчитаны: комплексная проводимость, комплексная диэлектрическая проницаемость (рис. 1 и рис. 2), комплексный эффективный показатель преломления и поглощение.

Было показано, что при оптической накачке до денсификации показатель преломления пленки уменьшается на всем диапазоне частот, изменение потерь зависит от диапазона частот, на низких частотах потери уменьшаются, на высоких частотах – увеличивается. В тоже время обе части комплексного пропускания уменьшаются на всем диапазоне частот, то есть при оптическом облучении возрастает амплитуда пропускания и изменяется фаза (уменьшается относительно подложки). На основе таких эффектов могут разработаны управляемые аттенюаторы, фазовые компенсаторы терагерцового диапазона частот, при более детальном исследовании, которое будет проведено позже, есть возможность создания модулятора ТГц излучения.

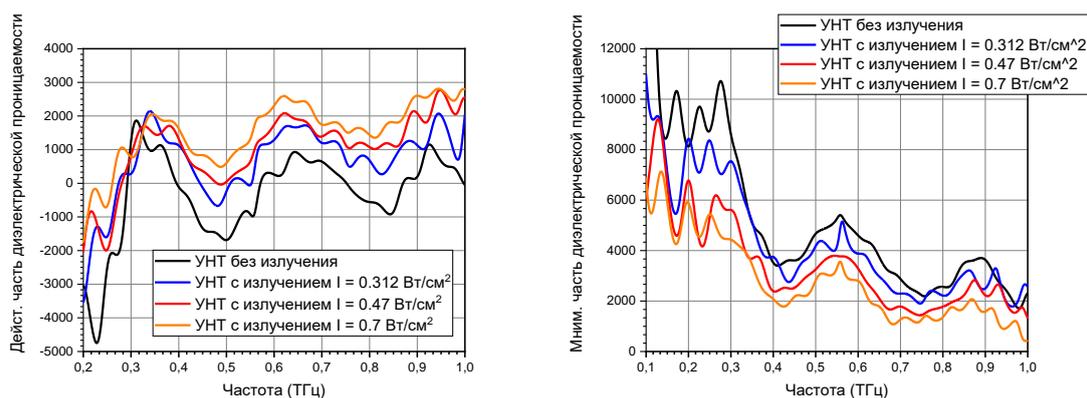


Рис. 1. Дисперсия диэлектрической проницаемости до денсификации

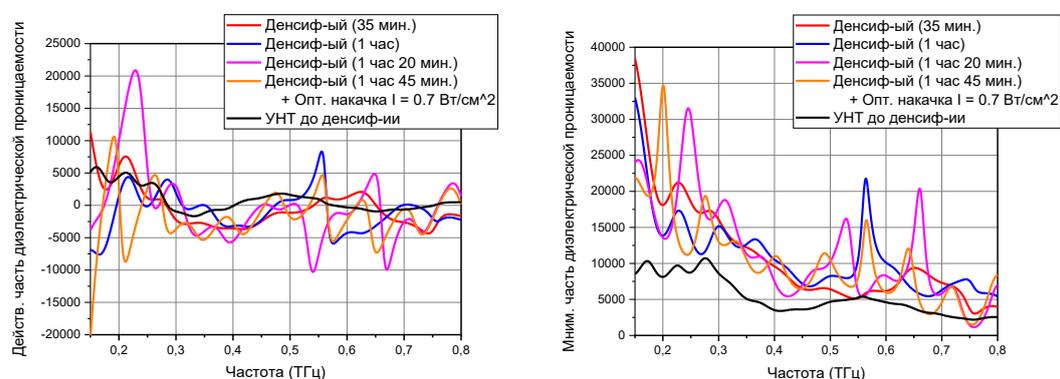


Рис. 2. Дисперсия диэлектрической проницаемости после денсификации

После денсификации образец стал пропускать меньше (увеличились потери/увеличилась действительная часть проводимости), действительная часть показателя преломления немного увеличилась. При этом способность к явному

управлению практически незаметна. Это можно использовать в терагерцовых антеннах и интегральных схемах для терагерцового диапазона частот, где часть нанотрубок денсифицируют для ослабления управления с помощью оптической накачки. Данный эффект после денсификации требует более детального изучения, так как это явление плохо изучено на данный момент.

### Литература

1. Kemp M.C. Security applications of terahertz technology International Society for Optics and Photonics, 2003. – 44–53с.
2. Tonkikh A.A. Single-Wall Carbon Nanotube Film Grown by Advanced Ethanol Chemical Vapor Deposition Process / A. A. Tonkikh, A. S. Pozharov, N. R. Arutyunyan, I. V. Anoshkin, E. I. Kauppinen, E. D. Obraztsova // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics – 2012. – Т. 7 – № 1 – 99–101с.
3. Tinkham M. Energy gap interpretation of experiments on infrared transmission through superconducting films //Physical Review. – 1956. – Т. 104. – №. 3. – С. 845.
4. Hegmann F. A., Ostroverkhova O., Cooke D. G. Probing organic semiconductors with terahertz pulses //Photophysics of Molecular Materials: From Single Molecules to Single Crystals. – 2006. – С. 367-428.



**Мурадова Мариам Башировна**

Год рождения: 1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3440

Направление подготовки: 19.03.01 – Пищевая биотехнология

e-mail: mari.muradova1996@gmail.com

**УДК 637.075**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА МИКРОФЛОРЫ  
НАЦИОНАЛЬНОГО КАЗАХСКОГО ПРОДУКТА – ШУБАТА**

**М.Б. Мурадова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Надточий**

Развитие микробиологических исследований в области молочной промышленности привело к изучению поведения и метаболизма заквасочных культур. Однако эти знания были в основном ограничены, так как в большей степени посвящались ферментированным продуктам на основе коровьего молока [1]. Многие сквашенные продукты на основе верблюжьего молока производятся в примитивных условиях, что приводит к низкому качеству, как результат низкому сроку хранения. Безопасность должна быть улучшена посредством исследований микрофлоры данного продукта. Таким образом, идентификация отдельных штаммов бактерий позволит смоделировать заквасочную микрофлору для производства безопасного ферментированного продукта на основе верблюжьего молока в промышленных масштабах Казахстана [2].

Для реализации цели исследования были сформулированы следующие задачи: осуществить выделение чистых культур дрожжей, провести выделение ДНК под действием лизирующих агентов, экстракцией смесью фенол/хлороформ и спиртового осаждения ДНК; применить ПЦР–амплификацию гена области межгенного спейсера 16S рибосомальной РНК; провести секвенирование по Сэнгеру; проанализировать полученные результаты с помощью программного обеспечения BLAST и Illumina; осуществить идентификацию микрофлоры кисломолочного напитка шубат с использованием высокопроизводительного секвенирования.

Для выделения ДНК из образцов был использован набор реактивов (Macherey-Nagel, Nucleo Spin Soil) компании Macherey-Nagel (Германия) согласно инструкции производителя. В каждом образце был определен таксономический состав грибного сообщества на основании анализа ампликонных библиотек фрагментов рибосомальных оперонов грибов (ITS2), полученных методом ПЦР с использованием ITS1F/ITS2 праймеров (GCATCGATGAAGAACGCAGC/ TCCTCCGCTTATTGATATGC). Таксономический анализ бактериального сообщества проводили с универсальными праймерами F515/R806 на переменный участок гена 16SpРНК v3-v4 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA /GGACTACVSGGGTATCTAAT), специфичными для широкого круга микроорганизмов, включая бактерии и археи. Анализ нуклеотидной последовательности фрагментов проводили по технологии компании Illumina на приборе «Illumina MiSeq» (США) с использованием набора реактивов MiSeq Reagent Kit (600 cycle) с двусторонним чтением. Обработку полученных последовательностей проводили с помощью ПО Illumina, пакета «Trimmomatic», QIIME для 16S библиотек и

программный пакет RPIITS для библиотек ITS. Количество условных грибных и бактериальных клеток определяли методом ПЦР с регистрацией в реальном времени с соответствующими праймерами. Для ПЦР использовались реактивы фирмы «Bio-Rad» (США).

Было произведено микрофотографирование чистых культур дрожжей с помощью метода раздавленной капли при увеличении микроскопа 100X, представленных на рисунке.



а)

б)

Рисунок. Микрофотографирование серой (а) и белой (б) колоний дрожжей

После идентификации посредством системы BLAST было выявлено, что серой колонией дрожжей являлась *Naumovozyma castellii*, а белой *Brettanomyces anomalus*, особенности данных культур указаны в таблице.

Таблица

#### Характеристика белой и серой колонии дрожжей

Белая колония дрожжей	Серая колония дрожжей
<i>Brettanomyces anomalus</i>	<i>Naumovozyma castellii</i>
Оптимальная температура роста: 31–32°C	Оптимальная температура роста: от 24 °C до 26 °C
Типичные аэробы	Типичные аэробы
Штамм: CBS 76	Штамм: CBS 4309

После окончания циклов секвенирования и обработки результатов данных при помощи программного обеспечения, встроенного в систему Illumina, был получен таксономический анализ бактериального и грибного сообщества кисломолочного напитка шубат. Таким образом, преобладающими бактериями микрофлоры являлись: *Lactobacillus* – 56.2 %, *Aerogenes* – 32.3 %, *Pseudomonas* – 4.9 %, *Lactococcus* – 3.4 %. Наличие большого количества энтерококков свидетельствует или о недостаточной термической обработке сырья, либо о неудовлетворительных условиях хранения, при которых развиваются определенные группы микроорганизмов. Некоторые из видов *Pseudomonas* продуцируют термоустойчивые липолитические и протеолитические ферменты, выдерживающие пастеризацию, что объясняет причины ухудшения качества молока в течение срока годности готового продукта.

Преобладающими микроорганизмами грибного сообщества являлись: *Dekker* – 67.0%, *Kazachstania* – 18.3%, *Kluveromyces* – 12.7%. Развитие дрожжей *Dekker*

в кисломолочных напитках характеризуется различными формами порчи, включая образование плёнок. В зависимости от условий эти дрожжи могут производить уксусную кислоту, изовалериановую кислоту, известная прогорклым сырым ароматом и летучие фенолы: 4-этилфенол и 4-этилгвайакол. В шубате было обнаружено наличие дрожжей рода *Kluyveromyces*, определенные штаммы которого обладают микоциногенными свойствами, обусловленные подавлением роста патогенных микроорганизмов, способностью к предотвращению быстрой порчи продукта [3].

В результате проведенного исследования было установлено, что необходимо повышение микробиологического качества кисломолочного напитка. Изучение микрофлоры, вызывающей спонтанную ферментацию верблюжьего молока, поспособствует улучшению процесса производства шубата, а также условиям сквашивания для получения продукта лучшего качества. Настоящее исследование предназначалось для выделения и исследования преобладающей микрофлоры в домашнем шубате с использованием фенотипических, молекулярных и микробиологических методов для дальнейшего оптимального подбора микроорганизмов заквасочной культуры.

### Литература

1. Puzyrevskaya, O.M. Microbiological and biochemical characterization of Shubat / O.M. Puzyrevskaya, M.G. Saubenova, M.G. Baizhomartova, E.K. Baimenov // Proc. Int. Camelid Conf. –2000.– P. 94–98.
2. Lore, A.T. Enumeration and identification of microflora in suusac, a Kenyan traditional fermented camel milk product / A.T. Lore, K.S. Mbugua, H.J. Wango // New-Food-Industry. –2005. – № 38. – P. 125–130.
3. Fuson, G.B. Deoxiribonucleic acid base sequence relatedness among members of the yeast genus *Kluyveromyces* / G.B. Fuson, H.L. Presley, H.J. Phaff // Int. J. Syst. Bacteriol. –1987.– № 37. – P. 371– 379.



**Рогозина Елена Андреевна**

Год рождения: 02.10.1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов  
и консервирования холодом,  
группа № Т3405

Направление подготовки: 19.03.02 – Технология консервов  
и пищекокцентратов

e-mail: lelekin\_96@mail.ru

**УДК 637.54**

**ТЕХНОЛОГИЯ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ  
МЯСА СТРАУСА**

**Е.А. Рогозина**

**Научный руководитель - к.т.н., доцент И.А. Шестопалова**

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

В настоящее время на рынке Российской Федерации представлен широкий ассортимент рубленых полуфабрикатов [1-4], однако, большинство из них не сбалансированы по макро- и микронутриентному составу в соответствии с МР 2.3.1.2432—08. В связи с этим актуальным является разработка рубленых полуфабрикатов функционального назначения в соответствии с ГОСТ Р 52349 – 2005.

Мясо страуса обладает высокой пищевой и биологической ценностью, в нем отсутствуют лимитирующие незаменимые аминокислоты, соотношение насыщенных, моносенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот приближается к эталону (к грудному молоку), а по содержанию арахидоновой кислоты превышает эталон почти в 2,5 раза [5]. Также мясо страуса содержит витамины группы В, РР; минеральные вещества - железо, медь, хром и селен. Кроме того, мясо страуса не имеет национальных и религиозных ограничений, поэтому его целесообразно использовать в качестве основного сырья при разработке функционального пищевого продукта.

Цель работы – разработать рецептуры и технологию функциональных рубленых полуфабрикатов на основе ферментированного мяса страуса.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: определить функционально-технологические свойства мяса тазобедренной части страуса; оптимизировать параметры ферментирования фарша на его основе; разработать рецептуры мясорастительных котлет, рассчитать их пищевую и биологическую ценность; обосновать сроки годности мясорастительных котлет при температуре хранения (4±2)°С с учетом коэффициента резерва [6].

Объектами исследования выбраны: замороженное мясо тазобедренной части страуса; фарш, на его основе; мясорастительные полуфабрикаты на основе ферментированного мяса страуса.

В фарше определяли значения рН, влагоудерживающей способности и аминного азота, в готовых мясорастительных котлетах – микробиологические показатели в течение всего срока хранения, рассчитана пищевая и энергетическая ценность. Эксперименты проводились в трехкратной повторности с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95. Математическую обработку результатов осуществляли с применением программ MS Excel.

Мясо страуса отличается значительным содержанием соединительной ткани, для снижения его жесткости осуществляли его обработку ферментным препаратом коллагеназой. Для оптимизации параметров ферментирования фарша из мяса страуса использовали метод планирования трехфакторного эксперимента. Исследовали влияние массовой доли коллагеназы, продолжительности и температуры выдержки фарша. Функциями отклика выбраны значения влагоудерживающей способности и содержание амминого азота [7].

На основании проведенных исследований выбраны следующие параметры ферментирования: массовая доля коллагеназы  $C=0,05\%$ , время выдержки фарша  $t=4,5$  ч при температуре  $t=13^{\circ}\text{C}$ .

Учитывая МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», были разработаны рецептуры мясорастительных котлет на основе мяса страуса, сбалансированные по макро- и микронутриентному составу, рассчитана их пищевая и биологическая ценность.

Для обогащения мясорастительных котлет незаменимыми аминокислотами, пищевыми волокнами, витаминами, минеральными элементами,  $\omega - 3$  и  $\omega - 6$  жирными кислотами в качестве функциональных ингредиентов использовали компоненты растительного и животного происхождения [8].

При разработке рецептур комплексных продуктов питания использовался принцип взаимообогащения и взаимобалансирования.

Разработанные рецептуры котлет на основе мяса страуса представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Рецептуры мясорастительных котлет на основе мяса страуса

Сырье, г на 100 г	Рецептура № 1	Рецептура № 2
мясо страуса	64,2	70,2
казеинат натрия	4	2
топинамбур	3	-
груша китайская	-	15
перец красный сладкий	-	6
сельдерей	6	-
морковь	7	-
масло льняное	5	5
соль поваренная пищевая	1,8	1,8
Всего	100	100

В разработанных рецептурах мясорастительных полуфабрикатов рассчитывали пищевую и биологическую ценность. Мясорастительные котлеты, разработанные по рецептурам №1 и №2 являются сбалансированными по незаменимым аминокислотам, лимитирующие аминокислоты отсутствуют.

Потребление 150 г котлет, выработанных по рецептуре №1, обеспечивает суточную потребность в К, В<sub>2</sub> на 19%,  $\beta$  – каротине, Р, В<sub>6</sub>, В<sub>5</sub> на 30 %, Fe и Se на 51%.

Потребление 150 г котлет, выработанных по рецептуре №2, обеспечивает суточную потребность в К, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> на 20%,  $\beta$  – каротине, Р, В<sub>6</sub> на 37%, PP, Fe на 50%, Se на 65%, В<sub>5</sub> на 26,4%.

Энергетическая ценность котлет, выработанных по рецептуре №1 и №2, составляет 548 кДж и 569 кДж на 100 г продукта соответственно.

По разработанным рецептурам осуществляли выработку мясорастительных котлет, в которых на основании исследованных показателей качества и безопасности в течение холодильного хранения был установлен срок годности с учетом коэффициента резерва 6 сут при температуре хранения  $(2\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

Практическая значимость выпускной квалификационной работы заключается в том, что разработанные рецептуры и технология мясорастительных полуфабрикатов на основе ферментированного мяса страуса могут быть использованы при решении задач по созданию функциональных пищевых продуктов в области технологии пищевых производств.

### Литература

1. Гутник Б.Е. и др. Анализ состояния и перспективы развития производства мясных полуфабрикатов //Все о мясе. – 2006. – №. 2.
2. Jayanthi R. et al. Development of Functional Chicken Meat Nuggets with Guava Powder and Potassium Chloride. – 2017. – V.94. – P. 18-21.
3. Biswas A. K. et al. Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health //International Journal of Livestock Production. – 2011. – V. 2. – №. 4. – P. 45-54.
4. Salcedo-Sandoval L. et al. Konjac-based oil bulking system for development of improved-lipid pork patties: Technological, microbiological and sensory assessment //Meat science. – 2015. – Т. 101. – P. 95-102.
5. Тимошенко Н. В., Патиева А. М., Лисовицкая Е. П. Разработка новых видов мясосодержащих консервов для питания людей в условиях неблагоприятной экологической обстановки //Молодой ученый. – 2014. – №. 18. – С. 298-299.
6. Шестопалова И. А., Колодязная В. С. Качество и безопасность мясорастительных консервов эмульсионного типа //Мясная индустрия. – 2008. – №. 6. – С. 18-22.
7. Рогозина Е.А., Шестопалова И.А. Технология рубленых полуфабрикатов на основе мяса страуса//Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, 2018. - 2018
8. Шестопалова И. А., Уварова Н. А. Биологическая ценность белков мяса кур несушек //Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2012. – №. 2.



**Яркеев Александр Сергеевич**

Год рождения: 1996

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра вычислительной техники,  
группа № Р3411

Направление подготовки: 09.03.04 – Программная инженерия

e-mail: bleizard@cs.ifmo.ru

**УДК 004.822**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ АВТОДОПОЛНЕНИЯ И ВАЛИДАЦИИ ИНФОРМАЦИИ**

**А.С. Яркеев**

**Научный руководитель – ассистент С.В. Клименков**

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

Необходимость валидации информации обусловлена постоянным ростом количества данных, поступающих в современные информационные системы в неструктурированном виде. На сегодняшний день, предварительная обработка и фильтрация входных значений зачастую происходит вручную. Существующие подходы [1] по автоматической валидации входных значений несовершенны и обладают рядом существенных недостатков. В работе предлагается новый подход реализации механизма серверной валидации и автодополнения с использованием семантической сети.

В работе были проанализированы существующие семантические сети [2] и выявлена невозможность построения независимого от предметной области алгоритма валидации, базирующегося на структуре таких сетей. Для решения этой проблемы была создана собственная семантическая сеть, лишенная недостатков в структуре. В исследовании описывается процесс построения собственной семантической сети на основе данных из словаря Wiktionary [2].

Цель проделанной работы повышение качества вводимых пользователем данных, для достижения поставленной цели был определён следующий ряд задач.

Во-первых, требуется предложить новый подход к обеспечению серверной валидации на основе семантической сети.

Во-вторых, необходимо разработать независимый от предметной области алгоритм поиска экземпляров понятий.

В-третьих, необходимо разработать программный модуль, реализующий функции автодополнения и провести его интеграцию с семантической сетью.

Последним этапом является тестирование разработанной системы. Для этого необходимо подготовить структуру семантической сети на основе предметной области адресной информации [3].

**В работе предложен** алгоритм, реализующий поиск экземпляров понятия в тексте на естественном языке, состоящий из следующих этапов:

1. Разбиение входной строки на токены.
2. Отображение узлов из структуры искомого понятия на токены.
3. Поиск экземпляров листьев-графа среди токенов.

4. Определение экземпляров искомого понятия на основе найденных меронимов, атрибутов, гипонимов.

5. Преобразование найденных экземпляров в формат, заданный валидатором.

В результате работы были исследованы современные подходы организации валидации и автодополнения вводимых значений. В исследовании были выявлены недостатки существующих подходов и обоснована необходимость построения системы серверной валидации основанной на использовании семантической сети.

В рамках работы был предложен алгоритм поиска экземпляров, который учитывает семантику запроса, а также не зависит от предметной области.

**Практическим результатом** работы является программный модуль, реализующий функции автодополнения, интегрированный с существующей семантической сетью. Полученная система была протестирована на основе предметной области адресной информации. В ходе тестирования было получено, что в 76% случаев в массиве возвращаемых экземпляров содержится искомым экземпляр, который подразумевался пользователем.

### Литература

1. Garrett J. J. et al. Ajax: A new approach to web applications. – 2005.
2. Miller G. A. WordNet: a lexical database for English //Communications of the ACM. – 1995. – Т. 38. – №. 11. – С. 39-41.
3. Zesch T., Müller C., Gurevych I. Using Wiktionary for Computing Semantic Relatedness //AAAI. – 2008. – Т. 8. – С. 861-866.



**Яцук Роман Михайлович**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра лазерных технологий и систем,  
группа № В4216

Направление подготовки: 12.03.05 – Лазерная техника  
и лазерные технологии

e-mail: yatsuk.roman@mail.ru

**УДК 617-089.844, 535.662.13**

**ЛАЗЕРНОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ  
ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**

**Р.М. Яцук**

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

Работа выполнена в рамках ФЦП № 14.578.21.0197 «Разработка конструктивно - технологических решений для экспериментальных образцов технологических установок по формированию микрогеометрии поверхности конструкционных материалов с целью управления их физико - химическими свойствами».

Решением проблемы отсутствия 100 % приживаемости имплантов может служить лазерное структурирование. Структурированные импланты обладают лучшим сцеплением в месте кость-имплант [1]. Структуры поверхности импланта должны обладать как микрорельефом, так и нанорельефом для зацепления клеток и меньших биологических объектов с поверхностью импланта [2]. Титановые сплавы биосовместимы и прочны [3]. Для успешного покрытия поверхности импланта биологическими жидкостями он должен быть гидрофильным. Лазерная обработка лишена таких недостатков существующих технологий, как неточность размера получаемых структур, загрязнение поверхности и многоэтапности обработки [4]. В существующих работах по лазерному структурированию нет взаимосвязи между свойствами поверхности и биосовместимостью.

Целью настоящей работы являлось получение биосовместимого рельефа на титане методом лазерного структурирования. Задачами исследования были формирование рельефа; определение его размеров, параметров шероховатости, краевого угла смачивания и химического состава, исследование на биосовместимость методами *in vitro*. Использовался сплав титана ВТ6. Структурирование проводилось двумя установками МиниМаркер 2 на базе иттербиевого импульсного волоконного лазера с длиной волны 1,064 мкм, частотой 1,6 – 99 кГц, максимальной мощностью лазера 20 Вт и 50 Вт.

В ходе работы созданы массивы структур путем изменения плотности мощности в диапазоне от 33 до 283 МВт/см<sup>2</sup>. Массивы были созданы как при перекрытиях импульсов по обеим, так и по одной оси сканирования. При перекрытиях импульсов больше 80% замечено резкое увеличение значений параметров шероховатости (*Sa* от 0,3 до 5 мкм, а *Sdr* от 0,1 до 80%) и поверхность становится супергидрофильной. Можно сделать вывод, что для получения биосовместимого рельефа необходимо работать в режимах воздействия с большими перекрытиями импульсов. Из полученных массивов были выбраны 5 структур для дальнейшего исследования (рис. 1).

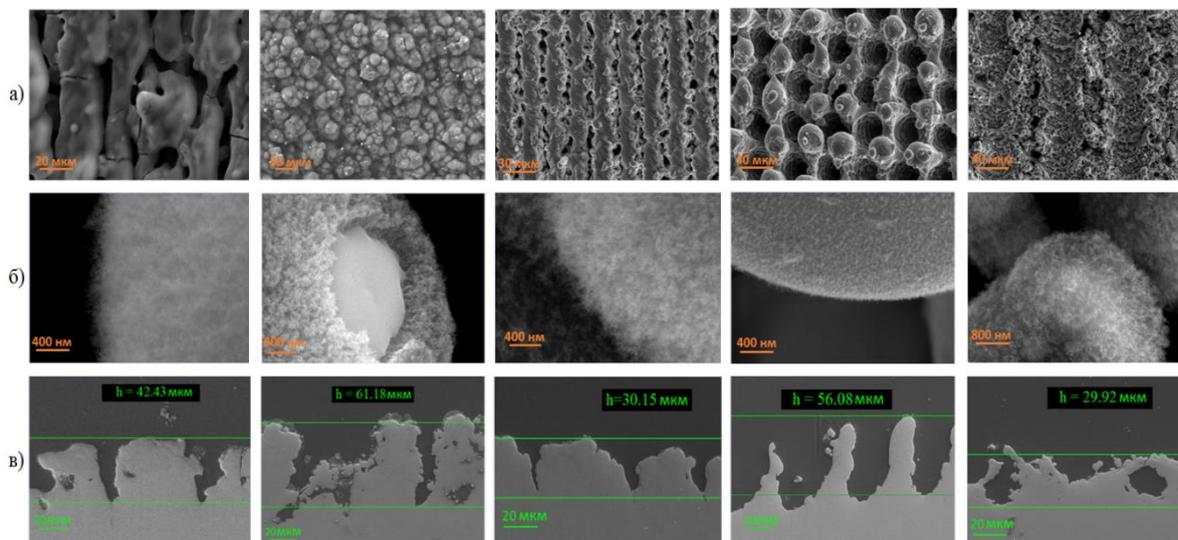


Рис. 1. Фотографии с электронного микроскопа образцов №1 – №5 (нумерация на рисунке слева направо). Микрорельеф (а); нанорельеф (б); глубина структур (в)

Структуры образца № 1 и № 2 были получены при плотностях мощности 33 МВт/см<sup>2</sup> (до порога испарения) и 57 МВт/см<sup>2</sup> (выше порога испарения), обе при 95 % перекрытиях импульсов по обоим осям сканирования. Структуры образцов № 3 и № 4 получены при 95 % перекрытиях импульсов только по одной оси и при повторном проходе излучением в ортогональном направлении с плотностями мощности 33 МВт/см<sup>2</sup> и 57 МВт/см<sup>2</sup>. Структуры образца №5 получены при плотности мощности 57 МВт/см<sup>2</sup> и 95 % перекрытиях импульсов только по одной оси. В ходе исследования химического состава методом EDX отмечено высокое содержание кислорода во всех образцах (от 27,42 до 44,39% от общего состава сплава), относительно неструктурированного титана (0,21%). Кислород в составе может говорить об образовании оксида титана, который повышает коррозионную стойкость имплантата. Все образцы получились супергидрофильными (рис. 2).

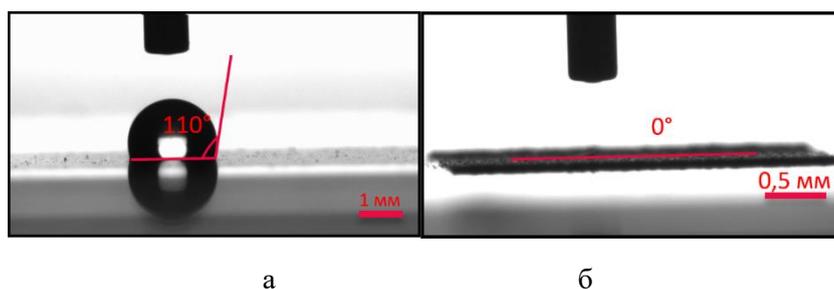


Рис. 2. Значения углов смачивания неструктурированного ВТ6 (а); структурированных образцов №1 – №5 (б)

По итогам исследований *in vitro* (рис. 3) образцы неструктурированного титана (Ti), №4 и №5 признаны биосовместимыми носителями для клеток, вероятно по причине структурных элементов образцов сопоставимых с размерами ядер клеток. Ядра клеток располагаются в углублениях структур и клетки приживаются. Ti сам по себе биосовместимый материал. С целью доказательства необходимости структурирования титана для улучшения биосовместимости был произведен второй эксперимент с высадкой меньшего количества клеток на образцы №4, №5 и Ti, чтобы

оценить размножение клеток на структурированных образцах и титане. Результаты эксперимента показали гораздо меньшее количество жизнеспособных (окрашены красным цветом) клеток на титане. В дальнейшем планируется высадка различных типов клеток и исследования *in vivo* для всесторонней оценки процессов регенерации тканей.

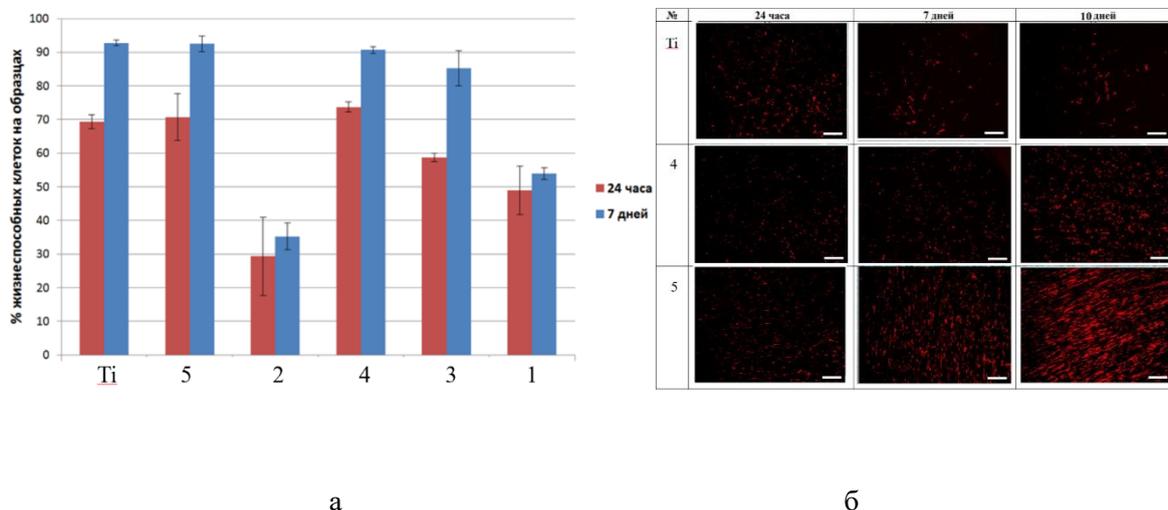


Рис. 3. Количественный анализ жизнеспособных стволовых клеток с размером ядер 20x20 мкм через сутки и 7 дней после высадки (а); оценка размножения клеток на образцах спустя сутки, 7 дней, 10 дней (б). Масштаб 150 мкм

Таким образом, методом лазерного структурирования получены микро- и наноструктуры на поверхности титана ВТ6, которые, исходя из исследований *in vitro*, являются биосовместимыми. Определена зависимость параметров шероховатости от плотности мощности лазерного излучения и перекрытий импульсов. При перекрытиях больше 80% происходит резкое увеличение параметров шероховатостей. Определена зависимость угла смачивания от плотности мощности излучения и перекрытий импульсов. Охарактеризован химический состав образцов.

## Литература

1. Goyal N., Kaur R. Effect Of Various Implant Surface Treatments On Osseointegration-A Literature Review // Indian J Dent Sci. – 2012. – Т. 4. – №. 1.
2. Gittens R. A. et al. A review on the wettability of dental implant surfaces II: biological and clinical aspects //Acta biomaterialia. – 2014. – Т. 10. – №. 7. – С. 2907.
3. Saini M. et al. Implant biomaterials: A comprehensive review //World Journal of Clinical Cases: WJCC. – 2015. – Т. 3. – №. 1. – С. 52.
4. Le Guéhennec L. et al. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration //Dental materials. – 2007. – Т. 23. – №. 7. – С. 844–854.

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



**Айтуганов Дмитрий Андреевич**

Год рождения: 1996

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра вычислительной техники,  
группа № Р3401

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: dmaituganov@gmail.com

**УДК 004.94**

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ НАГРУЗКИ**

**Д.А. Айтуганов**

**Научный руководитель – ассистент С.А. Жмылёв**

### **Введение**

В последнее время большое распространение получили различные сервисы-агрегаторы, объединяющие данные из нескольких внешних ресурсов в один. Для обработки запроса от одного пользователя такому агрегатору требуется совершить десятки, или даже сотни запросов к источникам. Поэтому при непредвиденных скачках числа пользователей могут возникать перегрузки приводящие к увеличению времени ответа агрегатора.

Многие поисковые запросы пользователей могут повторяться, в следствие чего распространенным способом снижения времени ответа является использование кэшей: при повторении запроса пользователь получит ранее загруженные данные, а агрегатору не потребуется совершать новые запросы к множеству источников. Однако при работе с быстро изменяющимися данными возникает задача настройки сервиса-агрегатора таким образом, чтобы в зависимости от значения мгновенной нагрузки, автоматически выбирался подходящий способ их предоставления: при невысокой нагрузке – актуальных данных, а при высокой – данных из кэша. В связи с этим целью работы является улучшение качества обслуживания пользователей агрегатора за счет снижения среднего времени ответа. Для достижения поставленной цели были сформированы три задачи.

### **1. Сравнительный анализ методов прогнозирования**

Был выполнен обзор существующих методов прогнозирования временных рядов и выбраны наиболее часто используемые: модели ARIMA, многослойный перцептрон с линией задержек, рекуррентный многослойный перцептрон [1]. После чего был разработан и встроен в агрегатор модуль, осуществляющий сбор статистических данных, а затем произведено нагрузочное тестирование средствами Apache JMeter, для которого был составлен тестовый план, имитирующий поведение пользователя, выполняющего поиск со случайными параметрами.

По результатам нагрузочного тестирования было выявлено максимальное число пользовательских потоков, которое не приводит агрегатор к состоянию перегрузки [2]. Благодаря этому значению на языке awk был разработан скрипт, формирующий оптимальное расписание нагрузочных потоков для JMeter. В ходе многочисленных

нагрузочных экспериментов с использованием сформированных расписаний были получены данные, использованные для сравнения точности моделей прогнозирования.

После сбора статистики, на языке Java было разработано приложение для построения моделей ARIMA и сравнения их точности (по значению средней квадратической ошибки [3]), на последовательных данных загрузки процессора. При этом были определены варьируемые параметры: порядки моделей и объем тренировочных данных. Всего было проведено более 13000 экспериментов с моделями ARIMA. Для моделей AR, MA, ARMA и ARIMA имеющих наибольшую точность построены зависимости загрузки и прогнозируемой загрузки процессора от времени. Полученные зависимости изображены на рисунке и можно отметить, что все модели повторяют исходный ряд с отставанием, то есть рассчитанные значения прогнозом не являются.

Затем на языке Java было разработано приложение, производящее оценку ошибки и вычисляющее число неверно предсказанных переходов состояния системы из неперегруженного в перегруженное для нейросетевых моделей на многомерном временном ряде. Варьировалось количество скрытых слоев (рисунок), число

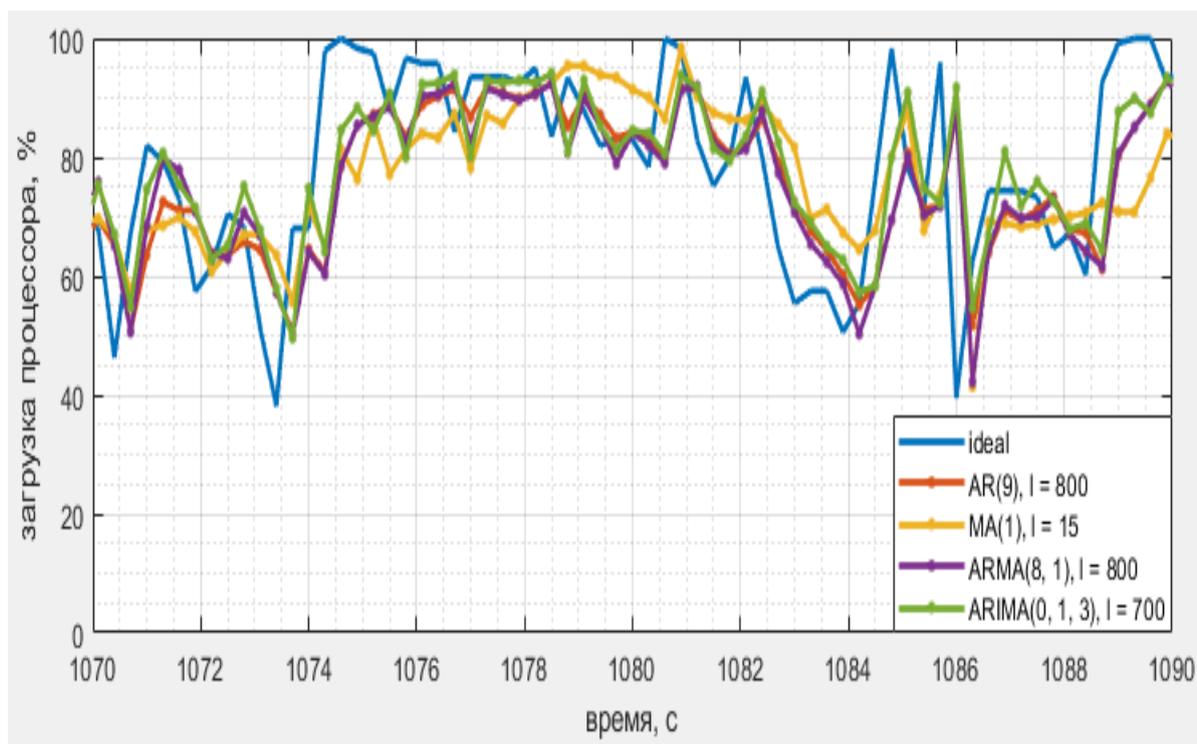


Рисунок. Сравнение ARIMA моделей прогнозирования

порядок линии задержек для нейронной сети с линией задержек. В таблице представлены 5 наиболее точных топологий нейронных сетей. По значению процента ошибки на тестовых данных был сделан вывод, что данной обучающей выборки недостаточно, поэтому был разработан алгоритм ее аккумуляции.

В результате анализа полученных данных сделан вывод, что для разработки алгоритма распределения целесообразно использовать метод прогнозирования нагрузки на основе многослойной нейронной сети с линией задержек [4].

### Сравнение нейросетевых моделей

Конфигурация нейронной сети			Ошибка на обучающей выборке, %	Ошибка на тестовых данных, %	Ошибка предсказания пиков избыточной нагрузки на тестовых данных, %
Порядок линии задержек	Количество нейронов в 1-м, 2-м и 3-м слоях	Функция активации			
8	80, 48, 16	log	0.08	2.53	1.86
7	63, 35, 14	log	0.13	2.22	2.05
7	70, 28, 14	log	0.14	2.31	2.05
8	72, 40, 8	log	0.14	2.42	2.79
6	60, 24, 6	log	0.14	2.79	2.61

## 2. Разработка алгоритма распределения нестационарной нагрузки

На базе выбранного метода прогнозирования был разработан алгоритм распределения нестационарной нагрузки. Предложенный способ распределения нагрузки был реализован на языке Java и встроен в агрегатор вместе с алгоритмом аккумуляции обучающей выборки. Во время работы агрегатора были обучены 10 наиболее точных нейросетевых моделей. Обучение и аккумуляция обучающей выборки продолжались, пока процент ошибки на тестовых данных не становился меньше 0.5. В результате была выбрана нейронная сеть обученная быстрее остальных.

## 3. Сравнение исходной и использующей разработанный алгоритм систем

Было выполнено сравнение исходной и улучшенной системы путем нагрузочного тестирования и измерения времени ответа. Сравнение осуществлялось средствами Apache Jmeter. Тестирование производилось при низкой нагрузке, а также в условиях временных перегрузок. В первом случае время ответа уменьшилось в среднем на 1 %, а во втором на 18 %. На основании полученных в результате тестирования величин был сделан вывод, что алгоритм справляется с поставленной задачей предупреждения перегрузок вычислительной системы.

## Заключение

По завершению работы были получены следующие результаты.

1. Выполнен аналитический обзор существующих методов прогнозирования, а также сравнительный анализ выбранных методов.
2. Разработаны алгоритмы распределения нагрузки и аккумуляции обучающей выборки для нейронной сети.
3. Выполнено сравнение времени ответа исходной и использующей разработанный алгоритм систем.

### Литература

1. Айтуганов Д.А., Жмылёв С.А. Сравнительный анализ способов оценки нагрузки в системах с очередями // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. – СПб., 2018.
2. I. Molyneaux. The Art of Application Performance Testing. – 2 изд. – Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2015.
3. T. C. Mills. The Foundations of Modern Time Series Analysis. – Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan, 2011.
4. Айтуганов Д.А., Ткешелашвили Н.М., Жмылёв С.А. Сравнительный анализ способов оценки нагрузки в системах с очередями // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – СПб., 2018.



**Ашихмина Мария Сергеевна**

Год рождения: 1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии  
группа № Т3430

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: masha\_ashikhmina@mail.ru

**УДК 579.67**

## **ВЫДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ**

**М.С. Ашихмина**

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

В пищевой промышленности микроорганизмы широко используются для получения различных продуктов. Так, алкогольные напитки получают с применением дрожжей, в хлебопекарной промышленности используют дрожжи и бактерии, в молочной – молочнокислые бактерии и т.д.

Молочнокислые бактерии составляют основную часть заквасочной микрофлоры. Закваска представляет собой отдельные штаммы или комбинации штаммов микроорганизмов, которые используются для производства кисломолочных продуктов. При длительном хранении и культивировании микроорганизмов происходят изменения их биохимических свойств, и как следствие потеря производственной ценности.

Источниками получения новых штаммов молочнокислых бактерий могут служить сырое молоко, самоквасные кисломолочные продукты, свежие и квашенные фрукты и овощи, а также различные растения – их корневая система, цветы, листья.

Селекция ведет к усовершенствованию штаммов молочнокислых бактерий, что в свою очередь способствует созданию и расширению производства новых продуктов, повышению их качества, а также сокращению длительности технологического процесса производства традиционных продуктов кисломолочной промышленности.

В связи с этим была поставлена следующая цель для научно-исследовательской работы: выделить штаммы молочнокислых бактерий из растительного сырья.

Задачами исследования являлось следующее:

- изучить способы выделения микроорганизмов из растительного сырья;
- определить органолептические показатели и продолжительность сквашивания;
- исследовать влагоудерживающую способность полученных сгустков;
- осуществить поверхностные и глубинные посевы на питательные среды для выделения чистой культуры;
- определить устойчивость выделенных штаммов к ингибирующим веществам.

В работе использовались следующие объекты и материалы:

- растительные компоненты;
- молоко обезжиренное (молоко Valio питьевое УНТ. ТУ 10.51.11-011-79842587-2016);
- питательный агар для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-агар) (ТУ 9398-020-78095326-2006)
- питательная среда МРС-4 (ТУ 9385-019-39484474-2012);
- вода дистиллированная (ГОСТ 6709-72);
- реактивы для проведения биохимических исследований.

Исследования проводились в несколько этапов:

1. Изучение способов выделения микроорганизмов из растительного сырья, изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания, изучение органолептических показателей, продолжительности сквашивания, исследование влагоудерживающей способности сгустков.
2. Посев заквасочной микрофлоры на питательные среды, изучение выросших колоний, пересев выбранных колоний в стерильное обезжиренное молоко и исследование физико-химических и биохимических свойств выделенных микроорганизмов.

В ходе работы был выделен штамм молочнокислых бактерий, который относится к культуре термофильного стрептококка, обладающий довольно высокой активностью свертывания и терморезистентностью; предельная титруемая кислотность находится в пределах (110–120)Т, а активная кислотность – (4,6–4,4). Штамм не образует углекислоту, ацетоин и диацетил, а также каталазу; проявляет устойчивость к средам с фенолом, хлоридом натрия и желчью, не растет в среде, содержащей раствор метиленового голубого и чувствителен к среде с антибиотиками.

### Литература

1. Банникова Л.А. Селекция молочнокислых бактерий и их применение в молочной промышленности. –М.: Пищ. Пром., 1975. –255 с.
2. Дунаева С.Е., Оследкин Ю.С. статья «Бактериальные микроорганизмы, ассоциированные с тканями растений в культуре *in vitro*: идентификация и возможная роль».
3. Артюхова С.И., Дошинская И.В., Бондарева Г.И. Исследование устойчивости молочнокислых стрептококков к антибиотикам // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2-1. – С. 92-93;
4. Китаевская С.В. Современные тенденции отбора и идентификации пробиотических штаммов молочнокислых бактерий. Статья в журнале (научная статья). Вестник Казанского технологического университета. – 2012 стр. 184-188.
5. Харитонов Д.В. ВНИМИ в области производства заквасок и бактериальных концентратов / Д.В. Харитонов // Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия мира и РФ». – М., 2011 – с. 45 – 55.



**Болтаева Гулрух Яхшибоевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра таможенного дела и логистики,  
группа № О5501

Направление подготовки: 38.05.02 – Таможенное дело  
e-mail: gboltaeva@gmail.com

**УДК 339.565**

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ РИСКИ ТАМОЖЕННОГО  
АДМИНИСТРИРОВАНИЯ НОВЫХ МАКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ  
ПРОЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ»)**

**Г.Я. Болтаева**

**Научный руководитель – А.Е. Озолинг**

Актуальность работы заключается в том, что Россия имеет уникальное географическое положение, открывающее перед нами исключительные перспективы транспортного развития в свете экономических процессов последних десятилетий. Будучи естественным мостом между Европой и Азией, территория Российской Федерации (далее – РФ) может широко использоваться для международных перевозок, обеспечивая поступление доходов от различных логистических услуг в нашу экономику.

Одним из наиболее перспективных международных проектов, которые могут привлечь транспортные потоки в Россию является китайский «Экономический пояс Шелкового пути», идея формирования которого была выдвинута председателем Китайской Народной Республики (далее – КНР) Си Цзиньпином в сентябре 2013 года.

Участие в этом проекте очень выгодно для России с точки зрения привлечения инвестиций в транспортную инфраструктуру и развития регионов, т.к. обустройство маршрута Нового шёлкового пути на территории России означает создание современных магистралей, логистических структур, в связи с чем появятся и новые рабочие места для населения территорий, по которым будет проходить маршрут Экономического пояса Шелкового пути.

Однако для привлечения иностранных инвестиций необходимо обеспечивать выгодные условия транспортировки товаров, их хранения и совершения иных логистических операций, на что непосредственно влияет таможенное регулирование перемещения иностранных товаров по территории страны. Эффективное таможенное администрирование процессов транспортировки и деятельности перевозчиков является одним из ключевых факторов успешной реализации масштабного международного проекта.

Объектом исследования данной работы является макрологистический проект Экономического пояса Шелкового пути.

Предметом – таможенное администрирование товарно-транспортных потоков в рамках Экономического пояса Шелкового пути.

Цель исследования – разработка предложений по совершенствованию таможенного администрирования макрологистического проекта ЭППП.

Практическая значимость ВКР заключается в предложении конкретных мер по повышению привлекательности российских транспортных коридоров для иностранных

грузоотправителей, таких как выдача ЭЦП иностранным перевозчикам стран-партнеров для реализации возможности использования ими технологии электронного транзита и создание единого административного документа для осуществления транзитных перевозок в рамках ЭПШП.

К методам исследования, применяемым в ВКР, относится анализ, проводимый с целью уточнения понятийного аппарата в исследуемой области, а также в рамках рассмотрения нормативной правовой базы развития транзитного потенциала России и международного сотрудничества таможенных служб РФ и КНР [2]. Кроме того, в рамках исследования использовался метод сравнения нормативных документов, регламентирующих развитие транспортных систем ключевых стран-участниц ЭПШП: РФ, КНР, РК. Также в рамках исследования был использован метод синтеза в отношении результатов проведенных анализа и сравнения.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием совокупности общенаучных методов и источников теоретического, информационного и нормативного правового характера и может быть подтверждена в дальнейшем, по мере развития проекта ЭПШП.

В ходе исследования было установлено, что для совершенствования таможенного администрирования товарно-транспортных потоков российскими ТО в рамках ЭПШП и не только. В первую очередь была рассмотрена перспективная технология электронного транзита, которая обладает рядом преимуществ, но имеет несколько недостатков для иностранных перевозчиков:

– технология предполагает распечатывание и использование бумажной копии ЭТД в случаях, когда отсутствует взаимодействие между информационной системой ТО и перевозчика, т.к. для иностранных перевозчиков это будет фактически означать сохранение бумажного информационного обмена с ТО;

– применение данной технологии предполагает наличие ЭЦП лица государства-члена ЕАЭС.

В настоящее время иностранные перевозчики пользуются услугами таможенных представителей стран ЕАЭС, которые обладают необходимым программным обеспечением и ЭЦП. Но мы считаем, что для повышения привлекательности российских МТК необходимо обеспечить возможность иностранных перевозчиков напрямую работать с нашими ТО, для чего понадобится организовать выдачу ЭЦП участникам ВЭД стран-партнеров России, имеющих с ФТС России соглашения о зеленых коридорах и обмене данными о лицах, находящихся в группе наименьшего уровня риска, которым и будут выдаваться ЭЦП. А также необходимо осуществить перевод на английский язык личного кабинета участника ВЭД на сайте ФТС России.

Еще одним вариантом решения этих недостатков может быть расширение таможенного сотрудничества между заинтересованными странами, в данном случае, РФ и КНР, от взаимодействия и обмена опытом в целях снижения административных барьеров при перемещении товаров между государствами и обеспечения эффективности таможенного контроля в целях создания быстрых и безопасных путей международного транзита товаров по территории стран до использования единого документа для выполнения транзита по территориям сотрудничающих стран. К сотрудничеству такого рода мы также предлагаем привлечь Японию и Южную Корею, которым транзит товаров по территории России в направлении ЕС очень интересен [1, 3 – 5].

Но важно не только привлечь товарные потоки в страну, но и обеспечить их максимальную прибыльность, что требует наличия условий для совершения на нашей территории операций по перегрузке товаров на различные виды транспорта. Важно бороться за потоки контейнерного транзита, работая над оснащенностью и технологичностью наших портов, а также повышая их привлекательность для

перевозчиков. За счет развития мультимодальной портовой инфраструктуры и упрощения таможенных операций, связанных с перемещением товаров под таможенной процедурой таможенного транзита можно привлечь товарные потоки, следующие из Азии в Европу и также наоборот.

Востребованная транспортная инфраструктура, в свою очередь, требует эффективного государственного администрирования, в том числе таможенного. Быстрое осуществление таможенных операций и контроля на территории хаба является одним из факторов его привлекательности для перевозчиков.

Осознавая эту тенденцию, разработчики ТК ЕАЭС разработали новые подходы к мультимодальным перевозкам. До принятия действующего кодекса при смене вида транспорта, необходимо было переоформлять таможенную процедуру таможенного транзита. Сейчас статья 148 ТК ЕАЭС прямо указывает на то, что смена вида транспорта при транзите возможна с разрешения таможенного органа, в регионе деятельности которого совершаются такие операции. А значит перегрузка товаров, следующих транзитом по нашей территории будет осуществляться проще и быстрее, в том числе благодаря технологии электронного транзита.

Таким образом, в качестве основных направлений совершенствования таможенного администрирования с целью привлечения иностранных перевозчиков в рамках ЭПШП нами были предложены: совершенствование технологии электронного транзита, углубление международного таможенного сотрудничества и работа в направлении повышения мультимодальности отечественных транспортных коридоров.

### Литература

1. Ежегодный сборник Таможенная служба Российской Федерации в 2017 году [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФТС России. Режим доступа: [http://www.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7995&Itemid=1845](http://www.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=7995&Itemid=1845).
2. Ларин, А.Г. К анализу сущности проекта ЭПШП и его сопряжения с ЕАЭС / А.Г. Ларин // Китай в мировой и региональной политике, ИДВ РАН - 2016. - с. 138 - 149.
3. Развитие транспорта и транспортно-логистических систем в регионе Балтийского моря / Савенкова Т.И. // Вестник САМГУПС - № 2 (28) - 2015. - с. 143-154.
4. Решением Объединенной коллегии таможенных служб государств-членов Таможенного союза от 04.06.2015 № 15/21. Режим доступа: <https://customs.consultant.ru/documents/1137844>
5. Logistics Performance Index. World Bank [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lpi.worldbank.org>.



**Гаврилова Марина Владимировна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра информационно-навигационных систем,  
группа № Р3430

Направление подготовки: 24.03.02 – Системы управления  
движением и навигация

e-mail: marinagavrilova2012@yandex.ru

**УДК 681.51**

## **РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

**М.В. Гаврилова**

**Научный руководитель – д.т.н., доцент М.И. Евстифеев**

Работа посвящена результатам разработки и испытаний экспериментального микромеханического гироскопа (ММГ) класса точности  $\pm 10^\circ/\text{час}$  в специальном корпусе отечественной разработки, обеспечивающим возможность монтажа в горизонтальном и вертикальном положении.

В настоящее время актуальной задачей, направленной на расширение типоряда ММГ в АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» является разработка исполнения гироскопа ММГ-ЭП1 с вертикальной осью чувствительности.

На сегодняшний день различными фирмами, такими как Analog Devices, STMicroelectronics, Sensonog и др. на рынке представлено множество микромеханических датчиков, в том числе гироскопов с вертикальной осью чувствительности [1–3]. В табл. 1 приведены характеристики гироскопов ADXRS450, ADXRS453, SAR100 имеющих вертикальную ось чувствительности, а также гироскопа «ММГ-ЭП1», разработанного в АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», имеющего горизонтальную ось чувствительности [4].

Таблица 1

**Характеристики зарубежных и отечественного ММГ**

	Диапазон измерения, °/с	Плотность мощности шума, °/с/ $\sqrt{\text{Гц}}$	Нелинейность градуировочной характеристики, %	Полоса пропускания, Гц
ADXRS450	$\pm 400$	0,015	0,05	80
ADXRS453	$\pm 400$	0,015	0,05	77,5
SAR100	$\pm 400$	0,03	0,1	50
ММГ-ЭП1	$\pm 450$	0,005	0,5	200

Из табл. 1 видно, характеристики ММГ-ЭП1 находятся на уровне зарубежных аналогов. Таким образом, в связи с конкурентоспособностью ММГ-ЭП1 и серийным производством использующегося чувствительного элемента задачу разработки ММГ в вертикальном исполнении целесообразно решать с применением специального корпуса.

На основе экспериментального металлокерамического корпуса, обеспечивающего возможность монтажа в горизонтальном и вертикальном положении, были разработаны и изготовлены микромодули, являющиеся основным конструктивным элементом ММГ. На рис. показано внутреннее строение микромодуля ММГ (рисунок а) и разработанный ММГ с вертикальной осью чувствительности, включающий в себя микромодуль, печатную плату и необходимые электрические компоненты (рисунок б).

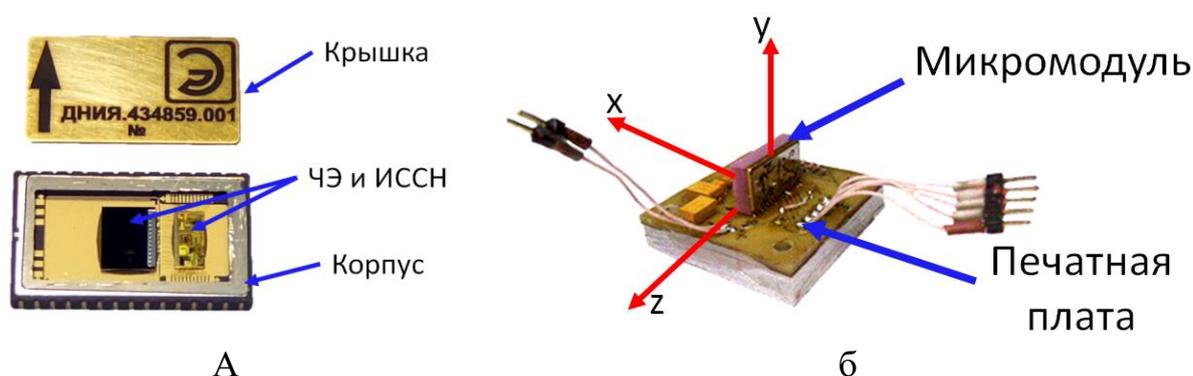


Рисунок. Внутреннее строение микромодуля (а), микромодуль на печатной плате (б)

В ходе работы были проведены испытания ММГ, направленные на определение основных точностных характеристик. Испытания проводились в двух положениях: в горизонтальном и вертикальном. В табл. 2 приведены результаты испытаний.

Таблица 2

#### Результаты испытаний

	Нелинейность градуировочной характеристики, %	Плотность мощности шума, $\text{°/с}/\sqrt{\text{Гц}}$	Нестабильность нулевого сигнала, $\text{°/ч}$
Горизонтальное положение	0,07	0,004	5,4
Вертикальное положение	0,07	0,004	2,8

Как видно из табл. 2, новый корпус не вносит значительных изменений в работу ММГ, а характеристики при вертикальном монтаже сравнимы с характеристиками в горизонтальном положении.

Основным вопросом применения корпуса с установкой на боковую грань является механическая прочность и влияние механических и прочих воздействий на характеристики прибора. В рамках работы были проведены испытания на исследование характера поведения гироскопа при широкополосной случайной вибрации. На вибрационные испытания были отправлены три образца: №134, №135 и №137. По полученным данным оценивалась характеристика плотности мощности шума.

Как видно из табл. 3, показания гироскопов до и после вибрации меняются незначительно, следовательно, вибрация не оказывает критического влияния на работоспособность гироскопа.

**Результаты вибрационных испытаний**

Направление вибрации	№ 134В			№ 135В			№ 137В		
	Ось Z	Ось X	Ось Y	Ось Z	Ось X	Ось Y	Ось Z	Ось X	Ось Y
До	0,082	0,136	0,029	0,02	0,03	0,015	0,007	0,057	0,009
Во время	0,38	0,532	0,068	0,26	0,3	0,07	0,187	0,292	0,064
После	0,089	0,129	0,024	0,027	0,029	0,015	0,008	0,057	0,009

Исходя из полученных результатов испытаний можно сделать вывод, что новый корпус не вносит значительных изменений в работу ММГ, а характеристики при вертикальном монтаже сравнимы с характеристиками в горизонтальном положении, вибрационные испытания подтверждают возможность эксплуатации изделия во время и после широкополосной случайной вибрации.

Результаты работы показывают возможность и целесообразность дальнейшей разработки исполнения ММГ с вертикальной осью чувствительности, которое расширит номенклатуру выпускаемых датчиков и облегчит применение таких ММГ для потребителя. Дальнейшая работа будет направлена на расширенные исследовательские испытания и изучение поведения ММГ с вертикальной осью чувствительности при внешних воздействующих факторах: температурных воздействиях, акустических воздействиях, механических воздействиях.

**Литература**

1. Analog Devices [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Норвуд, США, 2018. URL: <http://www.analog.com>
2. Sensoror [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Хортен, Норвегия, 2018. URL: <http://www.sensoror.com>
3. STMicroelectronics [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Женева, Швейцария, 2018. URL: <http://www.st.com>
4. Пешехонов, В.Г. Результаты испытаний установочной партии микромеханических гироскопов RR-типа /В.Г. Пешехонов [и др.]// Гироскопия и навигация. – 2011. – №1(72). – С.37-48.



**Двоynикова Анастасия Александровна**

Год рождения: 1996.

Факультет безопасность информационных технологий,  
кафедра проектирования и безопасности информационных систем

Направление подготовки: 10.03.01 – Информационная безопасность

e-mail: nastya.yal@yandex.ru

**УДК 004.934**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ  
ВЕРОЯТНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ В СИСТЕМАХ  
БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ГОЛОСОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

**А.А. Двоynикова**

**Научный руководитель – ассистент Е.В. Тушканов**

В последние годы для идентификации личности человека наиболее перспективным считается применение биометрических технологий. Уникальность голосовой биометрии состоит в том, что это единственная биометрическая характеристика, которая позволяет идентифицировать человека по телефону. Кроме того, голосовая идентификация не требует применения специализированного дорогостоящего оборудования.

**Цель ВКР** – повысить вероятность распознавания в системах биометрической аутентификации пользователей по голосовым характеристикам путем разработки методики решения данной задачи.

Повышение вероятности распознавание является одним из способов повешения защищенности системы. Для повышения безопасности системы, необходима многоуровневая аутентификация пользователя. На первом этапе – аутентификация пользователя при входе в систему. На втором – аутентификация пользователя в течении рабочего времени.

Использовать только первый этап аутентификации не безопасно, т.к. увеличивается риск подмены пользователя злоумышленником после прохождения аутентификации для входа в систему. Второй этап необходимо повторять регулярно. Так мы сможем проверять личность пользователя при работе в системе. К тому же, за такое время злоумышленник не сможет нанести сильный урон системе. Аутентификация проводится в режиме скрытого мониторинга.

На первом этапе аутентификации пользователя будет использоваться метод динамического программирования, т.к. он просто в реализации и не требует много времени для сравнения речевого сигнала с эталонным. Он является текстозависимым [1]. Пользователь произносит заранее известную фразу, повторяемую регулярно при каждой проверке. Это обеспечивает более стабильное состояние голоса. Соответственно, процент ошибок 1 рода будет достаточно мал. Также эталон голоса, хранящийся в памяти, будет невелик. Поэтому он не будет занимать большой объем памяти в базе данных.

Аутентификация пользователя в течение рабочего времени происходит следующим образом. Речевой сигнал разбиваем на элементарные речевые единицы (ЭРЕ). Их формирование будем производить простым способом: разобьем входящий речевой сигнал на равные сегменты в 10-20 миллисекунд из соображений сохранения в

них свойства приблизительной стационарности сигнала без пересечения друг с другом. Далее будем проводить кластеризацию этих речевых сегментов методом иерархической кластеризации. В каждом кластере определяем биометрические характеристики (БХ) пользователя, потом на их основе вычисляем коэффициент отклонения БХ от нормированного значения по формуле (1):

$$k_i = \frac{(\sum_{j=1}^n Y_j)/n}{x_i}, \quad (1)$$

где,  $Y_j$  – входное значение БХ в каждом кластере в момент аутентификации,  $j$ -индекс кластера,  $n$  – число кластеров,  $x_i$  – нормированное значение БХ,  $i$  – индекс БХ пользователя.

Далее вычисляется коэффициент подлинности пользователя по формуле (2):

$$p = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{m} 100\%, \quad (2)$$

где  $k_i$  – коэффициент отклонения БХ от нормированного значения,  $m$  – количество БХ, которые используются при аутентификации.

Аутентификация пользователя при нестабильном состоянии происходит следующим образом. Если у нас при сравнении БХ пользователя получился положительный результат, то осуществляется допуск в систему. Если был отрицательный результат, то система оценивает попадание изменений БХ в диапазон отклонений  $d$  %. Если у нас положительный результат попадания, то принимается решение о расширении диапазоны БХ, если же отрицательный, то осуществляется отказ в допуске. В случае если пользователю было отказано в допуске при первой попытке, то система может предоставить еще 1 попытку аутентификации, предварительно расширив диапазон биометрических характеристик пользователя на  $d$  %. Значение  $d$  зависит от индекса пользователя и рассчитывается по формуле (3):

$$d = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j/X_{\max j})}{n} 100 \%, \quad (3)$$

где  $d$  – процент увеличения диапазона БХ пользователя,  $X_j$  - нормированное значение БХ,  $X_{\max j}$  - максимальный порог БХ пользователя,  $j$  – БХ пользователя,  $n$  – количество БХ.

График зависимости коэффициента подлинности пользователя  $p$  от процента ошибок первого и второго представлен на рисунках 1 и 2 соответственно.

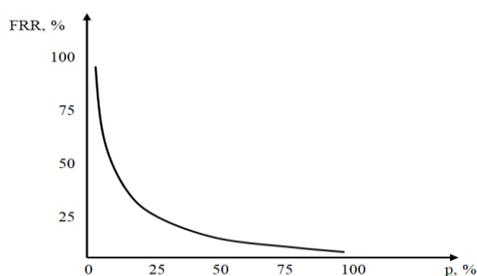


Рис. 1. График зависимости ошибок первого рода от коэффициента подлинности

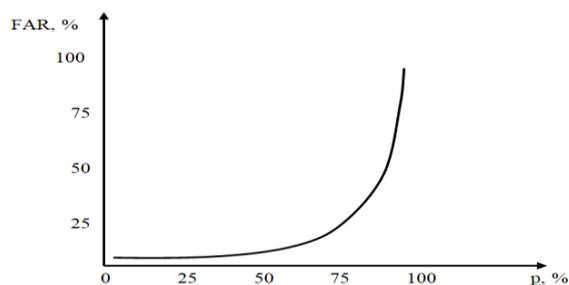


Рис. 2. График зависимости ошибок второго рода от коэффициента подлинности

Исходя из графиков можно сделать вывод о том, что при увеличении коэффициента подлинности  $p$ , увеличиваются ошибки 2 рода и уменьшаются ошибки 1 рода, а при уменьшении коэффициента  $p$ , наоборот, ошибки 2 рода уменьшаются, а первого возрастают. Соответственно, служба безопасности исходя из поставленной задачи, особенностей организации, пользователей и системы может устанавливать то значение коэффициента подлинности, которое будет самым оптимальным для идентификации пользователя в системе.

У разработанной методики есть ряд преимуществ: простота реализации, текстонезависимость, минимальный процент возможных угроз фальсификации при помощи диктофона, возможность аутентификации при меняющемся состоянии пользователя, варьируемая установка коэффициента подлинности. Оценка ошибок первого и второго представлена на графиках.

### Литература

1. Ужегов А.Т. Разработка и сравнение алгоритмов вероятностного вывода при решении задачи кластеризации речевых сегментов: Выпускная квалификационная работа магистра: 09.04.04/ Ужегов А.Т.; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – Спб, 2017. – 78с.
2. Васильев Р.А. Биометрическая идентификация пользователей информационных систем на основе кластерной модели элементарных речевых единиц: Дис. канд. тех. наук: 05.13.19/ Васильев Роман Александрович; ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет». – Саров, 2016. -153 с.



**Денис Татьяна Марьяновна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра финансового менеджмента и аудита,  
группа № U3426

Направление подготовки: 38.03.02 – Менеджмент

e-mail: klok-dtmq@mail.ru

**УДК 311**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РОССИИ**

**Т.М. Денис**

**Научный руководитель – д.э.н., профессор И.Г. Сергеева**

Характерной особенностью Российской Федерации является социально-экономическая неоднородность её регионов, приводящая к сильной дифференциации в уровне развития малого предпринимательства. Таким образом, создание эффективной системы поддержки малого бизнеса должно опираться на статистический анализ важнейших признаков развития данного сектора экономики в отдельных регионах и федеральных округах.

Целью работы является проведение комплексного сравнительного анализа развития малого предпринимательства в субъектах России, на основании которого будет получена информация, способствующая принятию органами управления научно обоснованных решений по адресной поддержке малого бизнеса.

Так при распределении и предоставлении субсидий субъектам РФ на поддержку малого и среднего предпринимательства, важно учитывать социально-экономические особенности регионов. Для этого необходимо выделить группы субъектов, с помощью подхода, опирающегося на комплексное применение многомерного статистического анализа неоднородности развития малого предпринимательства в регионах РФ [1].

Названный анализ был реализован с помощью метода главных компонент, который применялся к системе исходных признаков, характеризующих развитие малого предпринимательства:

X1 – общий уровень развития малого бизнеса (доля МП), представляет собой отношение числа малых предприятий к общему числу организаций;

X2 – плотность распространения хозяйствующих субъектов - представителей МП, она рассчитывается как количество малых предприятий, приходящихся на единицу экономически активного населения;

X3 – доля населения, занятого в малом бизнесе, отношение числа людей, занятых в малом предпринимательстве к общему числу занятого населения;

X4 – общая доля объёма инвестиций в малый бизнес в совокупном объёме инвестиций в основной капитал всех предприятий региона;

X5 – величина оборота предприятий малого бизнеса, отношение величины оборота малых предприятий к совокупной величине оборота организаций в целом.

Следующим шагом было проанализировано наличие корреляционной взаимосвязи между представленными признаками. Наиболее тесная корреляция присутствует между признаками X1, X2 и X3. Для этих переменных были построены диаграммы рассеяния.

В результате проведённого факторного анализа, было сформировано три главных ортогональных компоненты, расчёт которых был проведён следующим

образом:

Для первой главной компоненты «Уровень развития малого бизнеса» была рассчитана сумма первых трёх исходных признаков (X1 – общий уровень развития малого бизнеса; X2 – плотность распространения хозяйствующих субъектов; X3 – доля населения, занятого в малом бизнесе). Каждому признаку был присвоен весовой коэффициент (0,33; 0,34; 0,33 – соответственно).

Для второй главной компоненты «Инвестиции в малый бизнес» использовались значения четвертого исходного признака (X4 – общая доля объёма инвестиций в малый бизнес в совокупном объёме инвестиций в основной капитал всех предприятий региона).

Для третьей главной компоненты «Обороты предприятий малого бизнеса» использовались значения пятого исходного признака (X5 – величина оборота предприятий малого бизнеса).

Далее, путём сложения полученных главных компонент, был сформирован показатель, характеризующий степень развития малого предпринимательства по представленным признакам [2]. Таким образом, на основании найденного показателя, была проведена группировка регионов, для которой использовались следующие значения, приведенные в табл.

Таблица

**Критерии отнесения регионов к кластеру**

Кластер	1 кластер	2 кластер	3 кластер
Значение показателя	<0,5	>0,5 <0,75	>0,75

В результате классификации было сформировано три кластера, содержащие 14, 53 и 22 регионов соответственно.

Средние значения показателей уровня развития малого предпринимательства по трём рассматриваемым кластерам, представленные на рисунке, позволяют наглядно оценить степень дифференциации региональных группировок.

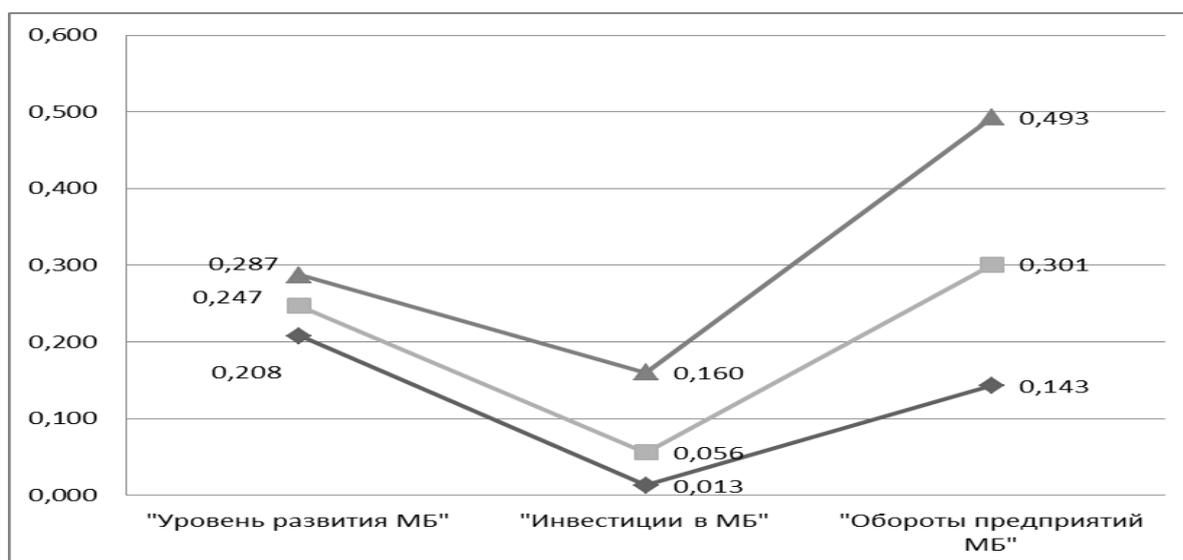


Рис. График кластерных профилей в пространстве главных компонент

Таким образом, на графике представлены три кластера, которые имеют различия по исследуемым главным компонентам.

В результате проведённого многомерного статистического анализа была обнаружена неравномерность развития сектора МП в разрезе регионов. Часть регионов демонстрирует прирост показателей развития (количества малых предприятий, численности занятых, инвестиций в основной капитал и оборота предприятий), в других регионах происходит снижение показателей развития сектора. Также были выделены группы субъектов, имеющие схожие черты в развитии малого предпринимательства и обладающие равным потенциалом дальнейшего роста малого бизнеса.

Использование данного подхода позволяет учитывать региональные особенности при распределении и предоставлении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов РФ, и позволяет оценить эффективность распределения финансовых средств.

### Литература

1. Милованова Ю.В. Статистический анализ неоднородности развития малого предпринимательства в регионах России / Ю.В. Милованова // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. – 2016. – № 28-2. – С. 165-169.
2. Якушева А.А. Конфигурация проблем управления развитием малого и среднего предпринимательства: монография / А.А. Якушев [и др.]. – Челябинск, 2015. – 58 с.



**Егорова Ольга Александровна**

Год рождения: 1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3430

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: egorova.oa1996@gmail.com

**УДК 637.35**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВА МЯГКОГО СЫРА ТИПА РИКОТТА**

**О.А. Егорова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова**

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

Концепция здорового питания становится популярной во многих странах мира – тяжело представить современного человека, который бы не хотел составлять свой рацион полезными продуктами. Одними из веществ, уменьшение потребления которых наблюдается в настоящем времени – незаменимые аминокислоты, способствующие поддержанию гомеостаза и выполняющие большое количество функций в организме человека. Молочная сыворотка – вторичный продукт производства творога, сычужных сыров и т.д. В нее переходят сывороточные белки, богатые незаменимыми аминокислотами. Данный вторичный ресурс возможно использовать в качестве сырья для производства пищевых продуктов, способствуя увеличению ассортимента и уменьшения количества сбрасываемой в канализацию сыворотки. В Италии, задолго до нашей эры, научились производить сыр, именуемый рикотта, что означает «дважды переработанный», технология производства которого достаточно проста [3, 4].

В целях научно – исследовательской работы были исследованы: процесс выработки сыра из сыворотки различной кислотности от производства полутвердых сыров (ГП «Лосево»); органолептические и физико –химические показатели готового продукта. Выполнен расчет энергетической ценности.

Сыворотка от производства полутвердых сыров имела следующие физико-химические показатели (табл. 1).

Таблица 1

### **Физико–химические показатели подсырной сыворотки**

Показатель	№ образца			
	1	2	3	4
	Значение			
Кислотность, °Т	12	23	25	42
pH	6,81	5,51	5,42	–
Массовая доля белка, %	0,70	0,70	0,90	0,86
Массовая доля жира %	1,90	1,90	1,90	0,10
Массовая доля лактозы, %	4,00	4,70	4,70	4,30

Из каждого образца сыворотки вырабатывали сыр типа рикотты: сыворотку подогревали до 70°C, вносили соль в количестве, равном 0,1%; нагревали до температуры 83°C, вносили лимонную кислоту в количестве, равном 0,005%; нагревали до 87–92°C; выдерживали 50 минут при этой температуре; выдерживали 5–10 мин без нагрева; сгусток ковшом поместили в мешки из лавсана, в перфорированные формы; формы поместили в холодильник при температуре 4±2°C на 24ч [1, 2].

После отделения сгустка в образцах исследовались показатели, представленные в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-химические показатели мягкого сыра, изготовленного из сыворотки**

Показатель	№ образца			
	1	2	3	4
	Значение			
Кислотность, °Т	110	–	140	240
Массовая доля белка, %	12,46	–	14,98	16,34
Массовая доля сухих веществ, %	18,310	–	26,460	36,755
Выход, %	3,78	–	4,21	4,08

Для повышения выхода продукта, улучшения органолептических показателей при производстве сывороточных сыров: возможно добавление молока, в количестве не более 20%, что и было сделано. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Физико-химические показатели сыра, изготовленного из сыворотки с добавлением молока**

Показатель	№ образца			
	1	2	3	4
	Значение			
Кислотность, °Т	–	140	150	220
Массовая доля белка, %	–	17,82	18,25	20,88
Массовая доля сухих веществ, %	–	35,400	34,459	38,690
Выход, %	–	5,98	6,21	5,1

Результаты, полученные при органолептической оценке, представлены в виде профилограмм – мягкого сыра, изготовленного из сыворотки (рис.1) и мягкого сыра, изготовленного из смеси сыворотки и молока (рис. 2).

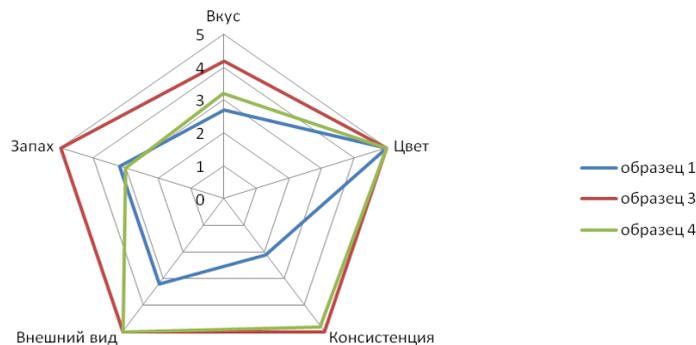


Рис. 1. Профилограмма органолептических показателей мягкого сыра из сыворотки

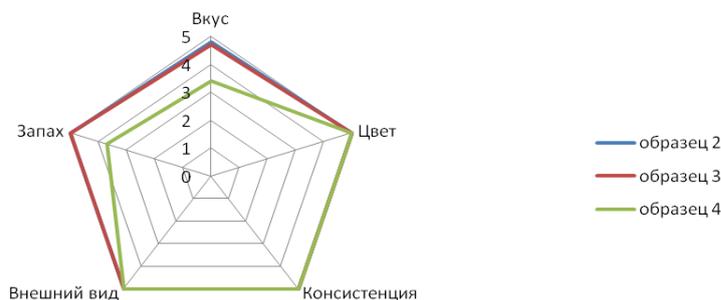


Рис. 2. Профилограмма мягкого сыра из смеси сыворотки и молока

Выполнены расчеты пищевой и энергетической ценностей. На 100 г продукта энергетическая ценность составила в среднем 195,24 ккал. Проведенный расчет биологической ценности белковой составляющей показал, что в составе нет лимитирующих аминокислот, что подтверждает, что белок, входящий в состав мягкого сыра, является биологически полноценным.

Производство сывороточных сыров актуально в плане получения продукта и обеспечения безотходности производства и сохранения ценного ресурса. Возможно получение продукта с качественными характеристиками из сыворотки от полутвердых сыров (ГП «Лосево»). Для повышения выхода и улучшения органолептических характеристик определена доза внесения молока – 20%. Сыворотка кислотностью  $23 \pm 2^\circ\text{T}$  является лучшим сырьем для производства мягкого сыра. Нецелесообразно использование сыворотки кислотностью ниже  $10^\circ\text{T}$  и выше  $42^\circ\text{T}$ . В качестве наполнителя рассматривается использование хитозана для повышения хранимоспособности мягкого сыра.

## Литература

1. Мордвинова, В. А. Новый сборник технологических инструкций по мягким сырам [Текст] / В. А. Мордвинова // Сыроделие и маслоделие. – 2010. - № 3. – С. 46-47.
2. Тоскани. Ф. Технология производства сыра «Рикотта» [Текст]/Ф. Тоскани// Сыроделие и маслоделие. – 2006. - № 3. – С. 17.
3. Итальянские сыры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://italy4.me/cucina-italiana/>
4. Состояние и перспективы производства сыра в России [Электронный ресурс] / Е.Ю. Кузина, В.Н. Острецов // Молочнохозяйственный вестник. - 2016. - №1 (21). – С. 115-123. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-proizvodstva-syra-v-rossii>



**Касаткин Артем Николаевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологий интроскопии

Направление подготовки: Техническая физика

e-mail: kasatkin\_16@mail.ru

**УДК 533.6.08:536.5:532.1:681.2.087:616.211**

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ  
ПОТОКОВ ВОЗДУХА В ПОЛОСТИ НОСА  
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДЫХАНИЯ**

**А.Н. Касаткин**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Рассадина**

Работа выполнена в рамках темы ВКР «Исследование конвективных процессов движения потоков воздуха в полости носа при моделировании дыхания»

Определить, как движется воздух в носовой полости человека – это довольно сложная задача, решаемая для каждого человека индивидуально. Однако, можно выделить некоторые общие закономерности движения воздуха в носовых полостях. В основном это обусловлено формой носовой полости, которая формируется из-за определенного климата. Всего существует три формы полости носа [1]. Платикавительная широкая (африканская) полость носа, мезокавительная средняя (монголоидная) полость носа и лептокавительная узкая (европейская) полость носа.

Вследствие, врачами-ринологами были предложены гипотезы о движении воздуха в носовых полостях разных типов. Например, гипотеза о движении воздуха в носовой полости мезокавительного типа, которую требуется подтвердить в рамках данной работы, предполагает, что при вдохе основная часть воздуха идет по верху общего носового хода носовой полости, а при выдохе – по середине. Актуальность заключается в том, что лишь 30% пациентов довольны проведение операции на носовой полости. Проверка данных гипотез может привести к созданию компьютерных моделей для проведения виртуальных операций (без хирургического вмешательства). То есть, благодаря компьютерной симуляции, до проведения реальной операции на носовой полости человека врач будет знать, где безопаснее всего сделать надрез и к каким последствиям это приведет.

В данной работе впервые будет исследовано движение воздушного потока в сагиттальных и фронтальных сечениях на твердотельной модели мезокавительной полости носа в натуральную величину с помощью датчиков давления. Результаты исследования позволят выявить направление движения потока воздуха в модели полости и проверить гипотезу о движении воздуха в мезокавительной полости.

В итоге, были получены временные и спектральные зависимости давления, был проведен анализ и выявлены закономерности движения воздушных потоков в носовой полости мезокавительного типа.

**Ключевые слова:** полость носа, движение воздушных потоков, сенсорная система, измерение давления, моделирование дыхания.

## 1. Цели и задачи

Цели данной работы заключаются в том, чтобы разработать сенсорную систему для исследования турбулентно-ламинарных течений воздуха при моделировании дыхания в твердотельной модели полости носа на примере мезокавитального типа носа, а также проверить гипотезу о движении конвективных потоков воздуха при дыхании в мезокавитальной модели полости носа.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать сенсорную систему на основе датчиков давления для измерений конвективных потоков воздуха при моделировании дыхания в твердотельной модели полости носа;
- провести эксперимент по измерению давления на твердотельной модели носовой полости мезокавитального типа;
- провести анализ полученных данных и выявить закономерности в движении воздушных потоков в носовой полости.

## 2. Введение

Изучение данного вопроса ведется в трех направлениях: исследование параметров в полости носа, численное моделирование и экспериментальное моделирование [2]. Подтвердив гипотезу экспериментально, представляется возможность построить численную компьютерную модель, которая в будущем сможет использоваться для проведения виртуальных операций.

## 3. Методы и материалы

Материалы для проведения эксперимента:

- Твердотельная модель полости носа, напечатанная на 3D-принтере;
- 10 сенсоров, разработанных ранее и с помощью отводных трубок подсоединенных к характерным точкам твердотельной модели и объединенных в сенсорную систему;
- Блок питания, для обеспечения питания сенсоров;
- 9-слотовое PXI шасси NI PXIe-1078;
- Устройство сбора данных NI PXIe-6358 и терминальный блок SCC-68;
- Устройство сбора данных NI PXIe-4300 и терминальный блок TB;
- Предустановленное на National Instruments программное обеспечение LabView.

Для анализа полученных зависимостей использовался метод взаимной спектральной плотности мощности [3] для нахождения фазового сдвига одного датчика относительно другого, а затем и скорости движения воздушного потока.

## 4. Результаты

Спроектирован, протестирован и собран сенсор для измерения давления. Разработана сенсорная система для исследования конвективных потоков воздуха при моделировании дыхания в твердотельной модели полости носа на основе 10-ти таких сенсоров. Для достоверности результатов эксперимента специально подбиралась длина отводных трубок от твердотельной модели до датчика, расположенного на сенсоре. С помощью этой системы выполнены измерения пульсаций давления в заданных точках внутри модели. Полученные результаты обработаны методами спектрального анализа. В результате были получены временные зависимости и спектральные плотности мощности давления в заданных точках твердотельной модели носовой полости мезокавитального типа. Графики СПМ позволили выделить два основных пика, характеризующих дыхание (частота 0,380 Гц) и человеческое сердцебиение (частота 1,1 Гц).

В заключение следует отметить, что гипотеза о распределении воздушных потоков в мезокавитальной полости носа, предложенная Нероновым Р.В.,

подтвердилась, исходя из взаимного спектрального анализа.

Подтвердившаяся гипотеза дает возможность для построения компьютерной численной модели для проведения виртуальных операций.

### Литература

1. Неронов Р.В., Лукьянов Г.Н., Рассадина А.А., Воронин А.А., Малышев А.Г. Влияние формы полости носа на распределение воздушных потоков при вдохе. Российская оториноларингология. 2017. № 1(86). С. 83-94.
2. Моделирование воздушного потока в каналах нерегулярной формы Воронин А.А., Лукьянов Г.Н., Неронов Р.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3 (85). С. 113-118.
3. С.А. Прохоров, В.В. Графкин Структурно-спектральный анализ случайных процессов/ СНЦ РАН, 2010. 128 с., ил.



**Копьев Никита Олегович**

Год рождения: 1996

Мегафакультет компьютерных технологий и управления,  
Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника

email: nikitakopevv@gmail.com

**УДК 007.52**

**РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОГО МАНЕКЕНА**

**Н.О. Копьев**

**Научный руководитель – к. т. н., доцент С.Ю. Перепелкина**

Работа выполнена в рамках ВКР «Разработка подвижного манекена».

Ни для кого не секрет, что ключевым предметом в оформлении витрин магазинов одежды являются манекены. Их используют для успешной презентации одежды и увеличения количества продаж. Более эффективным и эффективным процесс презентации могут сделать подвижные манекены.

Плюсами применения подвижных манекенов являются:

1. Отличный способ выделиться среди конкурентов.
2. Прохожие в торговых центрах будут останавливаться у витрины.
3. Возможность создавать уникальные движения.
4. Повышает узнаваемость бренда.

Причём, эффективность применения подобных роботов будет зависеть от того, насколько красивыми и разнообразными будут его движения.

Попытки создания и применения роботизированных манекенов уже предпринимались ранее.

В 2005 году это был робот Palette японской компании Flower Robotics. В 2015 году был представлен робот-манекен от украинской компании Механизмус. И если проанализировать их конструкции, то можно выделить ряд серьёзных недостатков, мешающих повсеместному внедрению подобных решений:

1. Высокий вес конструкций.
2. Скучный набор движений.
3. Сложный пользовательский интерфейс.
4. Наличие собственного дизайна манекенов у крупных магазинов.
5. Высокая стоимость.

Таким образом, в своей работе я задался целью разработать конструкцию подвижного манекена, которая была бы лишена вышеперечисленных недостатков.

Причем, фундаментальной проблемой я считаю тот факт, что крупные магазины одежды изготавливают манекенов на заказ для сохранения визуальной целостности своих витрин. Таким образом, необходима конструкция, которую можно было бы встраивать в манекенов, делая их подвижными.

Из подобных соображений была рождена основная концепция, которая заключается в условном разделении робота на две части. Первая часть будет являться своеобразным скелетом, состоящим из электродвигателей и направляющих, к которым будет крепиться вторая часть, представляющая собой обычный пластмассовый манекен, с соответствующими отверстиями для креплений. Такое решение позволит магазинам внедрять подвижных манекенов, сохраняя дизайнерскую целостность интерьера магазина (рис. 1).

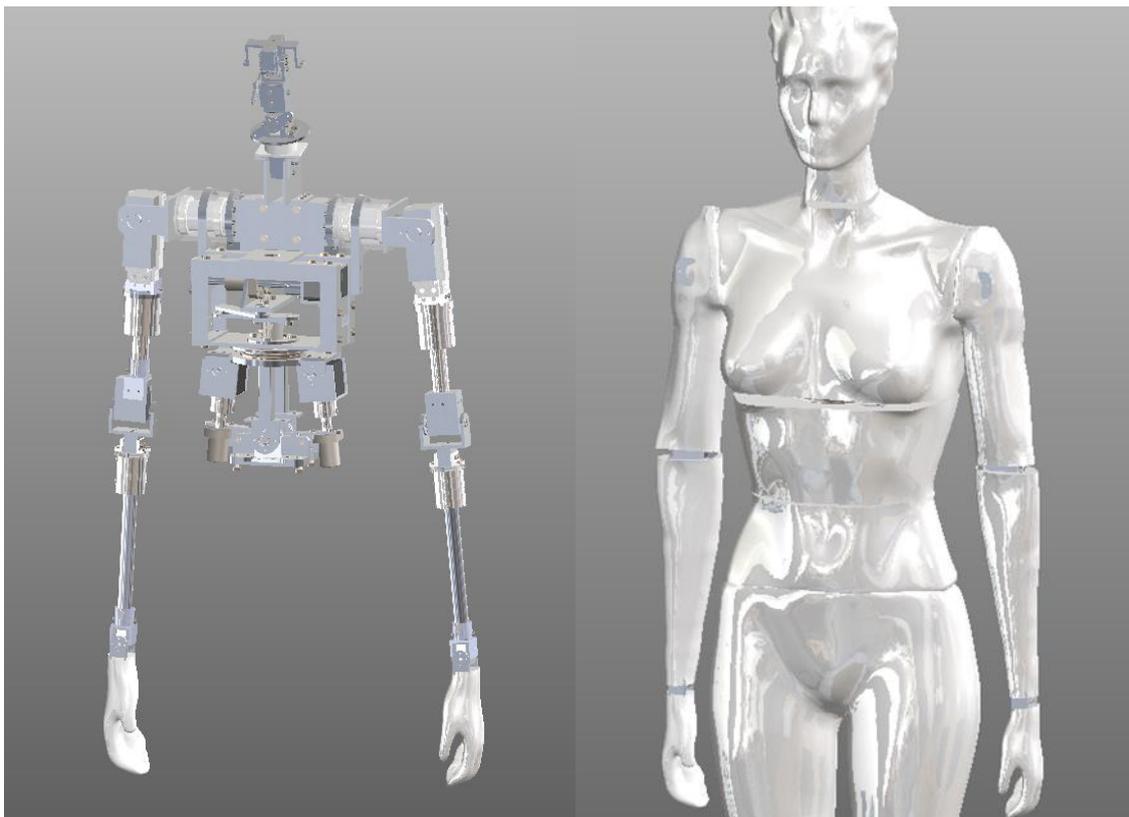


Рис. 1. Разделение робота на две части

Всем известно, что манекены бывают двух видов, мужские и женские. Очевидно, что женские меньше по размерам, поэтому целесообразнее разрабатывать конструкцию под женский манекен.

Далее, с целью повышения точности проектирования было выполнено 3D сканирование манекена с помощью устройства MS Kinect [1]. В результате сканирования был получен STL – файл, который после преобразования в программе Geomagic Design X, был импортирован в CAD – программу SolidWorks и распознан в ней как деталь, которую можно редактировать [2, 3]. В результате была получена трёхмерная модель женского манекена.

Также, все части манекена были взвешены для осуществления более корректного расчета.

В ходе проделанной работы была разработана конструкция подвижного манекена для презентации одежды. Были проведены расчеты электродвигателей с использованием программного пакета SolidWorks Motion Analysis [4]. А также был произведён прочностной анализ потенциально опасных участков конструкции с использованием инструмента Simulation [5].

Масса подвижного манекена с опорой составляет 40 кг, без опоры 22 кг. В дальнейшей работе над данным роботом планируется оптимизация узлов конструкции с целью уменьшения конечной массы устройства.

### Литература

1. Abhijit J. Kinect for Windows SDK Programming Guide – Packt Publishing 2012.
2. Руководство пользователя Geomagic Design X [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://crit.artic.edu/aoc/pdfs/AOC\\_GeomagicGuide.pdf](http://crit.artic.edu/aoc/pdfs/AOC_GeomagicGuide.pdf)

3. Lombard M. Solidworks 2013 bible. – John Wiley & Sons, 2013.
4. Батяев А.А. Выбор электродвигателя постоянного тока по мощности и расчет переходного процесса пуска: Метод. указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов всех спец. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000. – 20 с.
5. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.



**Коротина Марина Михайловна**

Год рождения: 1995

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра систем управления и информатики,  
группа № Р3435

Направление подготовки: 15.03.06 – Интеллектуальные  
технологии в робототехнике

e-mail: korotina.marina@gmail.com

**УДК 681.518.22.**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ МИКРОРОБОТА**

**М.М. Коротина**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Быстров**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 718546 «Управление киберфизическими системами».

В ходе работы был спроектирован прототип объекта управления и создана система автоматического управления положением микроробота. Первоочередной задачей было максимально точно определить положение объекта управления. По условию объект перемещается по водной поверхности внутри ограниченного бассейна, поэтому такие распространенные способы как визуальная одометрия, радионавигация и спутниковая навигация не подходили в качестве обратной связи в виду сложностей установки необходимого оборудования и большой погрешности при измерении. Для определения положения над бассейном ставилась видеочамера таким образом, чтобы все рабочее поле микроробота попадало в плоскость объектива.

Для робастности определения положения микроробота внутри бассейна учитывалось, что плоскость объектива видеочамеры может быть не параллельна водной поверхности. Входные данные для алгоритма определения положения – длина и ширина бассейна в миллиметрах, которые используются для расчета координат микроробота в миллиметрах, а также координаты конечной точки следования. После фильтрации полученного кадра и нахождения контура, принадлежащего бассейну, алгоритм определения положения учитывает возможную погрешность угла установки и восстанавливает прямоугольную форму изображения внутри найденного контура [1]. Далее алгоритм анализирует объекты внутри поля и находит микроробота по известным признакам: микроробот имеет форму прямоугольника, известную площадь и круглую контрастную метку, обозначающую его голову (рис. 1, 2). По завершении поиска алгоритм записывает текущее время, координаты объекта в миллиметрах и его угловое положение относительно рабочей области в градусах.

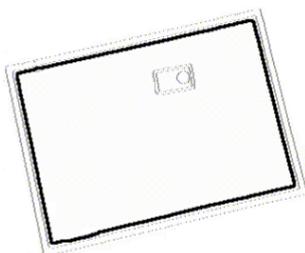


Рис. 1. Исходное фильтрованное изображение

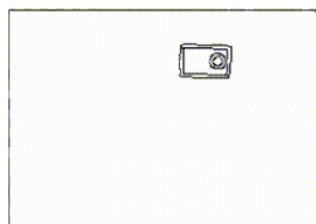


Рис. 2. Преобразованное изображение

После определения положения микроробота рассчитывалось управление пьезоэлектрическими двигателями микроробота. Выбранные пьезодвигатели работают от источника питания 5–7,2 В, а также обладают большой силой (до 5 Н) и высокой точностью позиционирования (до нанометра). Двигатель состоит из ходового винт, металлической четырёхгранной муфты с внутренней резьбой и четырех пластин пьезокерамики [2]. Данные конструкции двигателей имеют существенные преимущества перед многоступенчатыми редукторами и часто используются в системах, где необходима минимизация габаритов и высокая точность. Управление двигателем осуществляется через драйвер, посылающий ШИМ-сигнал на керамические пары пластин. При подаче двухфазных напряжений на противоположные друг другу пары керамики винт приводится в движение. Для управления двумя пьезоэлектрическими приводами микроробота используются два регулятора, изменяющие частоту и скважность сигнала драйвера. Первый регулятор рассчитывает угол, на который отклонился робот от цели при движении. Если значение этого угла больше предельно допустимого, то в зависимости от знака угла подаются крайние значения оптимальной частоты [3] на правый и левый двигатель. Если же значение отклонения меньше допустимого, оба двигателя работают на резонансной частоте. Второй регулятор меняет скорость движения объекта при достижении допустимого расстояния до цели. Если дистанция между роботом и целью меньше радиуса рабочей зоны, изменяется скважность сигнала драйвера. Для моделирования управления были выбраны следующие параметры:

- длина поля  $L = 250$  мм; ширина поля  $W = 180$  мм;
- координаты цели:  $x = 175$  мм,  $y = 68$  мм;
- допуск угла  $\alpha_d = 5$ , град; максимальный угол  $\alpha_{\max} = 50$ , град;
- резонансная частота  $f_{\text{рез}} = 172.4$  Гц;
- рабочая зона  $z_r = 30$ , мм;
- скважность:  $s_{\max} = 50.4$ ,  $s_{\min} = 25\%$  (рис. 3 – 5);

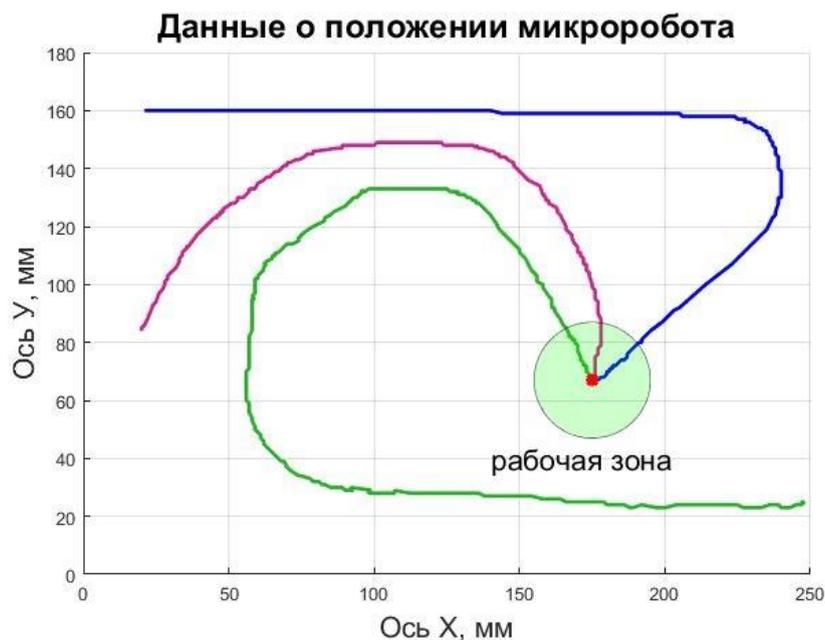


Рис. 3. Моделирование траекторий микроробота

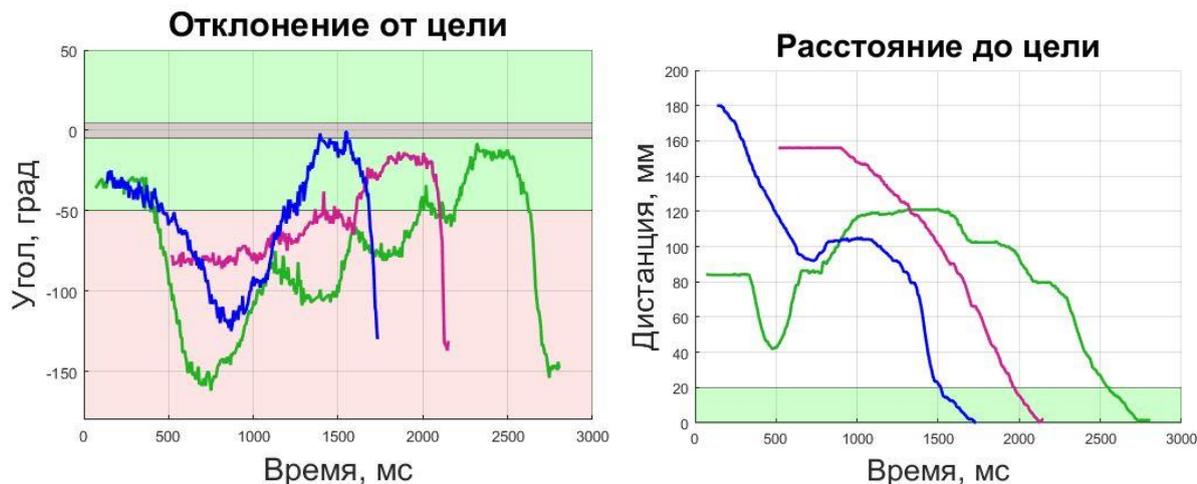


Рис. 4. Входные значения регуляторов

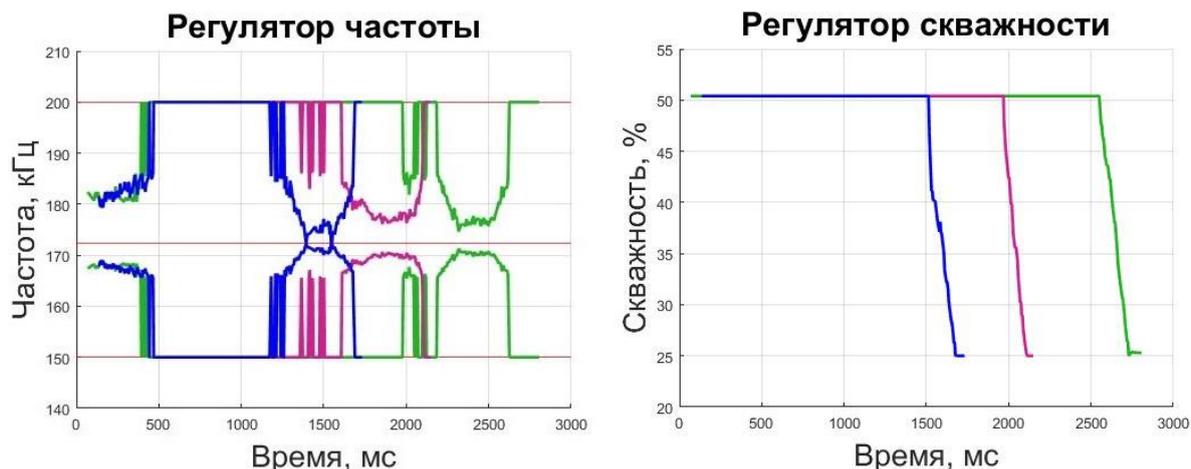


Рис. 5. Выходные данные регуляторов

В результате данной работы был спроектирован прототип объекта управления – микроробота, а также выбраны его электрические и электромеханические компоненты; разработаны чертежи и электрические схемы устройства. Также было создано программное обеспечение, реализующее алгоритм, передающий корректные данные о текущих координатах объекта при произвольном положении видеокамеры над бассейном и переводящий рассчитанные значения в универсальные метрические единицы. Были разработаны регуляторы управления линейными пьезоэлектрическими двигателями и проведено моделирование полной системы. Полученные результаты полностью удовлетворяют требованиям поставленной задачи. Дальнейшее развитие работы заключается в создании образца микроробота и опытное тестирование разработанной системы.

### Литература

1. Коротина М.М., Быстров С.В. Трекинг управляемых объектов движения. – В сб.: Научный диалог: Молодой ученый. Сборник научных трудов, по материалам

XV международной научно-практической конференции 22 марта 2018 г. Изд. ЦНК  
МОАН, 2018. – 80с.

2. Бардин В.А., Васильев В.А., Чернов П.С. Принципы построения и перспективы исследований пьезоактюаторов для нано- и микропозиционирования // Нано- и микросистемная техника. 2015. №1. С. 90–93.
3. David Henderson. Smart electronics reduce energy consumption and improve performance of piezoelectric ultrasonic motors. New Scale Technologies, 2013: <http://www.newscaletech.com>.



**Меинов Артём Сергеевич**

Год рождения: 1995

Факультет программной инженерии и компьютерной техники  
кафедра вычислительной техники,  
группа № Р3402

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника  
e-mail: svek.95@gmail.com

**УДК 004.415**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО УСТРОЙСТВА**

**А.С. Меинов**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Ключев**

Принцип создания «Программно-аппаратного комплекса» или «Протеза-тренажера» является сегодня очень актуальным. Современный темп жизни не позволяет оставаться в стороне некоторым категориям граждан, имеющим те или иные физиологические недостатки организма. Поэтому целью создания данного проекта является помощь и возвращение к полноценной жизни целой ячейки общества, адаптация в социальной сфере жизни. А инновационные технологии и возможность создавать современные технологические модели, не только помогают облегчить состояние человека (инвалидные кресла, специализированные подъемные механизмы, лифты), но и позволяют полноценно и комфортно жить (рисунок).



Рисунок. Прототип аппаратно-программного комплекса

Люди с ограниченными возможностями здоровья, инвалиды, являясь полноценными членами нашего общества, к сожалению, не всегда могут полностью реализовать свои права. Часто, ограничения здоровья влекут за собой ограничения жизнедеятельности: сужают круг общения, снижают социализацию и уровень самооценки, не дают возможность достичь успехов в той или иной области (учебной, трудовой и т.д.), а также, сокращают способы и средства самореализации и самовыражения. В такой ситуации, одним из направлений в социальной реабилитации

людей, могут стать механические устройства. Физические нагрузки в значительной мере способствуют умственному, нравственному и эстетическому воспитанию людей, участвуя тем самым, в формировании гармонично развитой личности. Помогают справляться с психическими проблемами, неизбежно возникающими при потере или ограничении функционирования двигательной активности.

На сегодняшний день, элементы реабилитационных воздействий выходят за пределы больниц, клиник и специализированных центров, и приобретают самостоятельные направления (возможность заниматься реабилитацией на дому). Трудно переоценить значение тренажеров, протезов и протезов-тренажеров для восстановления сил людей с ограниченными возможностями, для развития их основных физических качеств и способностей координировать свои действия.

В данной работе рассмотрена возможность и процесс создания программной части комплекса, для реабилитации людей после инсульта или больных ДЦП. Комплекс является средством механотерапии – использования аппаратов для реабилитации людей, вместо занятий с врачом. В процессе работы рассмотрены методы механотерапии, позволяющие использовать комплекс для реабилитации людей с недостатком мышечной активности. Полученное устройство может найти применение для людей с ограниченными возможностями.

При создании ПО для протеза-тренажера ставилась цель, разработать устройство, отвечающее высоким требованиям (качество и надежность) современных реабилитационных механизмов, которые помогают людям с проблемами опорно-двигательного аппарата. Чтобы люди, нуждающиеся в реабилитации, имели возможность быстрее получить положительную динамику, а также снизить риск атрофических осложнений в мышцах и возникновении контрактур в суставах. При исследовании данной проблемы часто наблюдается односторонний эффект. В процессе занятий идет активная разработка суставов, а мышцы при этом остаются в пассивном состоянии.

Преимуществом нового ПО для протеза-тренажера является увеличение эффективности, уменьшение времени ответа, а также снижение затрат на изготовление данных устройств.

Для достижения целей исследования решались следующие задачи:

- Велись аналитические работы в области востребованности подобного рода устройств,
- Проводился сравнительный анализ реабилитационных устройств, по техническим параметрам и их эффективности.

ПО разрабатывается, для использования в реабилитационных аппаратах, которые могут применяться для работы с детьми (с диагнозом ДЦП) так и людьми в разной возрастной категории, перенёвших инсульт и различные травмы.

Проведя анализ из доступных источников, например, с сайта Министерства Здравоохранения и сайтов региональных и муниципальных реабилитационных центров, портала Государственных услуг в разделе Государственные закупки, количества людей с физическими отклонениями, а так же количество закупаемого оборудования для реабилитационных центров становится ясно, что люди, которые получают минимальное количество индивидуальных программ реабилитации занимают невысокое положение в социальной среде, по сравнению с людьми, которые активно занимаются, и при этом используют различные реабилитационные тренажеры.

Задачей работы является написание ПО на языке C в среде разработки MPLAB, для корректной, точной и стабильной работы сервопривода, TFT-дисплея, матричной клавиатуры ввода. Для того, чтобы в целом, устройство работало правильно и было интуитивно понятным в использовании для потребителя. [1]

Изучив рынок аналогов подобных устройств не было установлено ни одного продукта для которого было подготовлено специальное ПО с русским интерфейсом для Российского потребителя, а не использовался интерфейс, некорректно переведенный с других языков мира.

Программно-аппаратный комплекс применяется для обеспечения улучшения качества жизни, профилактики контрактур и т. д. Пациенту наряду с традиционными медикаментозными и физиотерапевтическими процедурами. В процессе работы проводились консультации с медицинским персоналом.

По мере развития науки, техники и практики, связанной с реабилитацией людей с различными моторными дисфункциями, становилось ясно, что требуется более сложная конструкция тренажеров [2]. Поэтому на смену довольно громоздким, неуклюжим и тяжелым начали приходить на смену, легкие и эргономичные уникальные разработки.

Главная функция современных тренажеров в том, что они не только тренируют и совершенствуют необходимые движения, но и дают еще, так нужный терапевтический эффект. А это гораздо более полезно, чем стандартная нагрузка.

Следует отметить, что успешное развитие использования тренажеров для детей и взрослых людей с неврологическими отклонениями, включая черепно-мозговые травмы и последствия инсульта, потребовало расширить линейку размеров позволяя наиболее индивидуализировать дизайн, в соответствии с ростом и размером людей. А проблемы громоздкости тренажеров, решаются путем использования современных механизмов и материалов, так же решается вопрос этического дизайна и ассортимента цветов, так как в нашем современном мире, это уже очень немаловажный вопрос. Привлекательный дизайн современной конструкции радует глаз, по сравнению с неуклюжей формой старых конструкций.

Термин механотерапия – произошел (от греческого *mechanō* и *therapeia*, что значит механизм и лечение.). Механотерапия, призвана улучшить работу и подвижность групп и отдельных мышц, а также подвижность суставов и ускорить функциональную адаптацию человека. Достигается такой результат с помощью различных аппаратов, тренажеров и специальных средств, путем целого комплекса восстановительных упражнений [3].

Механотерапия, применяется как ранний и безболезненный способ восстановления подвижности суставов, для предотвращения осложнений, связанных с длительной неподвижностью. Это один из основных методов, который рекомендуется для увеличения подвижности суставов, снятия отека, болевых ощущений и предотвращения контрактур.

Главной составляющей физической реабилитации, при механотерапии, является компенсация и замещение того дефекта, который образовался после травмы. Механотерапию используют в комплексе различных процедур, как основное и вспомогательное средство. Так как при воздействии на опорно-двигательный аппарат человека нормализуется функциональная целостность организма, формируются компенсационные функции, которые замедляют, и не позволяют, дальше развиваться атрофическим процессам [4]. При правильной регулировке нагрузки и соответствующих упражнений, на растяжение и сжатие мышц, а также при четком контроле работы на каждом участке, достигается прекрасный результат.

В современном мире аппараты оснащаются цифровым интеллектом работа для автоматического определения степени повреждения суставов и мышц. Компьютерная программа системы автоматически рассчитывает, с высочайшей точностью, прилагаемое усилие, учитывая индивидуальные параметры человека.

Трудно переоценить значение различного технического обеспечения и реабилитационный техники для адаптации инвалидов. Изменилось и отношение людей

к понятию инвалидность. При всесторонней поддержке государства, такие люди, начали вести активную жизнь, а их активность ограничивается лишь только особенностями здоровья и последствиями перенесённых заболеваний.

Часто инвалиды оценивают качество жизни как неудовлетворительное, они не видят далеких перспектив. Залог успеха в социальной адаптации людей – это уверенность в своих физических возможностях, а для этого и ведется разработка различных приспособлений.

Преимущества устройства в том, что оно имеет небольшие габариты, вес и возможность пользоваться самостоятельно, без привлечения посторонней помощи. При этом стоимость его не превышает стоимость смартфона. Но не стоит забывать, что использовать данное устройство следует после консультации специалиста, который (порекомендует) назначит необходимую нагрузку и комплекс упражнений. При этом человеку останется лишь с помощью несложных настроек ввести данные и приступить к работе.

### Литература

1. Myke Predko, Programming and Customizing the PIC Microcontroller // Tab Electronics. – 2007 – 1263 P.
2. Гиниятуллина Н.И., Гавришев С.В., Гиниятуллина М.Н. Механотерапия. Тракционная терапия // Медицина. —2013 — С. 16-24
3. Качесов В. А., Качесов К. В. Основы интенсивной реабилитации. Интенсивная реабилитация инвалидов с применением спецтренажеров. // Издательские решения. — 2016 — С. 16-24
4. Karen Dodd, Christine Imms, Nicholas F. Taylor Physiotherapy and Occupational Therapy for People with Cerebral Palsy: A Problem-Based Approach to Assessment and Management // John Wiley, Sons. — 2010 — P. 178–201.



**Овчаров Алексей Олегович**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра систем управления и информатики,  
группа № Р3440

Направление подготовки: 27.03.04 – Управление  
в технических системах

e-mail: ovcharov.a@protonmail.com

**УДК 517.977.5**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПОЛНОЙ ЭНЕРГИИ**

**А.О. Овчаров**

**Научный руководитель – д.т.н., доцент, И.Б. Фуртат**

На производстве часто можно встретить манипуляторы. В среднем, потребляемая мощность таких машин составляет 5 киловатт в час. Чаще всего траектории движения настраиваются вручную инженером и являются не оптимальными. Для оптимизации затрат электроэнергии необходимо построить алгоритм, позволяющий выполнять поиск оптимальной траектории и слежение за ней.

Для нахождения оптимальной траектории требуется знание нескольких значительных вещей:

- 1) математическая модель системы с известными параметрами,
- 2) краевые условия для момента времени  $t_I$  и  $t_F$ ,
- 3) функции ограничений, например по управлению.

Для наглядности выбран плоский двухзвенный манипулятор, в его сочленениях расположены двигатели постоянного тока (рис. 1). Математическая модель такой системы получена методом Эйлера-Лагранжа [2]. В качестве функции полной энергии принимается функционал качества, он представлен выражением (1)

$$\int_{t_I}^{t_F} \tau_1^2 + \tau_2^2 dt \tag{1}$$

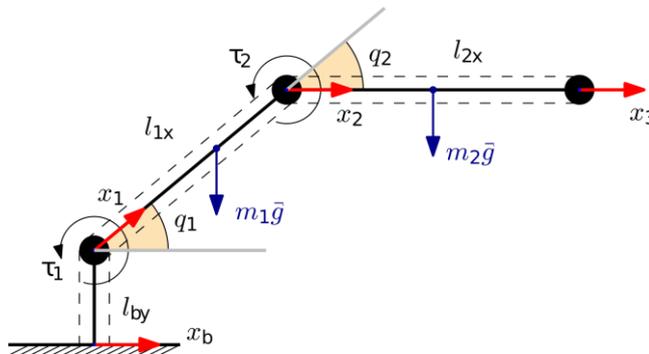


Рис. 1. Схема плоского двухзвенного манипулятора

Здесь  $\tau_1, \tau_2$  – момент первого и второго звена,  $q_1, q_2$  – углы (обобщенные координаты) первого и второго звена. Поиск траектории производится при заданных краевых условиях от начального момента времени  $t_I$  до  $t_F$ .

Поскольку модель двухзвенного манипулятора с двигателями довольно сложная [1, 2], рассматриваются численные методы поиска оптимальной траектории. Известны методы прямой транскрипции [3] и дискретизации задачи вариационного исчисления [3, 4] в обоих случаях временная ось делится на несколько интервалов, затем на этих интервалах дискретизируется задача оптимального управления и объединяется в одну большую систему.

Более новым подходом является дискретизация задачи вариационного исчисления, он позволяет с высокой точностью для заданной нелинейной модели получить оптимальную траекторию. Но при этом полученная система уравнений является большой (около 650 уравнений) и нелинейной, а скорость поиска решения напрямую зависит от выбора начальных условий и самого решателя.

Для выполнения оптимальной траектории синтезируется сложный регулятор, состоящий из трех составляющих: стабилизирующего регулятора скорости, траекторного регулятора, гравитационной компенсации.

Для стабилизации скорости выбираются рассматриваются ПИ регулятор, коэффициенты которого получают модальными методами и линейно-квадратичный регулятор [5], его коэффициенты считаются как и в модальном управлении, вычисляются через эталонную модель. Первый является более точным при отсутствии возмущений. Второй является более робастным, но требовательным к времени дискретизации из-за высокой интегральной составляющей. В качестве возмущений при построении стабилизирующего регулятора принимается внешний момент, проложенный к валу двигателя.

Поскольку выходом траекторного регулятора является желаемая скорость для стабилизирующего регулятора, он состоит из суммы П регулятора по углу и желаемой скорости, что позволяет увеличить порядок астатизма по углу.

При краевых условиях:

$$q_1(t_I) = q_2(t_I) = 0, \dot{q}_1(t_I) = \dot{q}_2(t_I) = 0, \ddot{q}_1(t_I) = \ddot{q}_2(t_I) = 0, t_I = 0, t_F = 0$$

были получены оптимальные траектории. На рисунке 2 представлены графики слежения системы за оптимальной траекторией. В качестве стабилизирующего регулятора используется ПИ регулятор. Как видно из графиков ошибка регулирования по углу не превышает  $10^{-3}$  радиана (рис. 2).

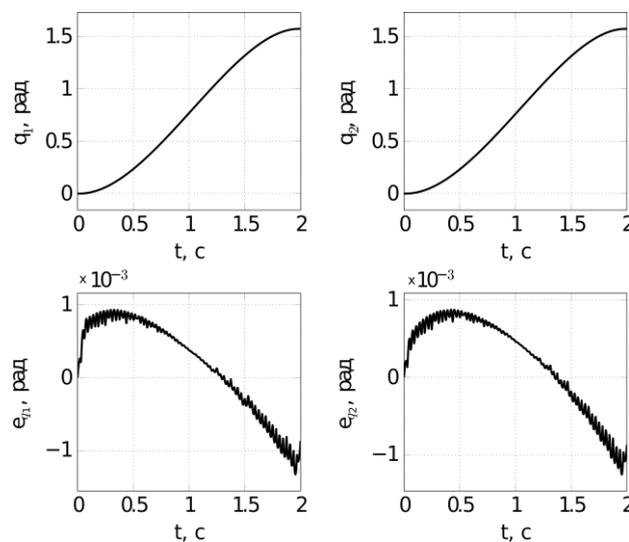


Рис. 2. Графики слежения за оптимальной траекторией

Главным результатом данной работы стала успешно построенная система, способная генерировать и выполнять оптимальную траекторию. Для ее выполнения использовался модальный регулятор, поскольку его проще реализовать, также он с меньшей ошибкой ведет наблюдение за динамичным сигналом.

Решение задачи поиска оптимальной траектории с минимизацией энергии реализована в системе Matlab. Для решения полученной системы уравнений использовался алгоритм Левинберга-Маркварда с начальным значением демпфирования  $\lambda = 0.05$ .

### Литература

1. Воронов, А. А. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; Под ред. А. А. Воронова – 2-е изд., перераб. и доп. - М.; Высш. шк., 1986. - 367 с, ил.
2. Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. Robot Modeling and Control. Wiley. – New York, 2005.
3. John Gregory, Ana García-Bouso, Alberto Olivares, Ernesto Staffetti. Energy-optimal control of unconstrained planar RR robot manipulators // Top. – 2009. - №17. – С. 385 – 406.
4. John Gregory, Alberto Olivares, Ernesto Staffetti. Energy-optimal trajectory planning for robot manipulators with holonomic constraints // Systems & Control Letters. – 2012. – № 61. – С. 279 – 291.
5. Optimal State Space Control of DC Motor / Michael Ruderman, Johannes Krettek, Frank Hoffmann, T Bertram. — 2008. — 07. — P. 5796 – 5801.



**Орехов Илья Александрович**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра экономики и стратегического менеджмента,  
группа U3445

Направление подготовки: 38.04.01 – Экономика

(Макроэкономическое планирование и прогнозирование)

e-mail: 4orekhov@mail.ru

**УДК 332.1**

**АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАТАЛОНИИ  
И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЕЕ ВЫХОДА ИЗ СОСТАВА ИСПАНИИ**

**И.А. Орехов**

**Научный руководитель – старший преподаватель А.Ю. Фёдорова**

Сепаратистское движение в Каталонии в 2017 году потрясло мировую общественность. В результате объявления независимости региона, центральные власти Испании заявили о приостановлении действия автономии и вводе прямого правления в Каталонии, а на президента правительства Каталонии был выписан международный ордер на арест. К настоящему моменту политический кризис не был окончательно преодолен, поэтому крайне важно и актуально иметь комплексное представление об уровне социально-экономического развития региона, для проведения оценки обоснованности и целесообразности нахождения Каталонии в Испанском государстве, либо выходе из него

Основу работы составил анализ экономического потенциала региона, как результирующей характеристики развития экономики региона. Потому как экономический потенциал зависит от совокупных возможностей всех сфер жизни общества, целесообразно рассмотреть состояние Каталонии с разных сторон. В ходе работы были рассмотрены разные подходы к оценке понятия «экономический потенциал». На основе ключевых позиций точек зрения таких ученых как Р.А. Белоусов, Г.В. Василенко, Р.З. Акбердин и многих других, было сформировано собственное определение экономического потенциала, как характеристики природно-ресурсной и трудовой обеспеченности территории, научно-технического развития и состояния инвестиционного климата региона, как характер, и степень международной интеграции, конкурентоспособность и уровень развития производительных сил. В связи с этим вопрос, о качественном улучшении экономического потенциала региона, является одним из господствующих, поскольку его успешное решение свидетельствует об эффективности хозяйствования и создает предпосылки для обеспечения региона более высокими конкурентными преимуществами на мировом рынке. Таким образом, достижение более высокого экономического потенциала является одной из главных результирующих характеристик развития экономики [1, 2, 3, 4].

В ходе анализа было выявлено, что экономика Каталонии первая в стране, чей вклад в 2017 году в экономику Испании составил почти 20%. Исторически, основа промышленного производства Каталонии – текстильная промышленность. Именно ее доходы стали источником диверсификации каталонской экономики. В настоящее время химическая промышленность стала ведущим сектором каталонской промышленности. В 2015 году в регионе насчитывалось 27,4% химических компаний Испании. Они обеспечили 45% всего испанского оборота химической промышленности в 2015 году.

С начала XXI века реальное значение ВВП региона увеличилось практически в два раза, а темпы экономического роста Каталонии превышают темпы роста Испании. Более того по сравнению со структурой ВВП Испании в целом экономика Каталонии более индустриализована несмотря на то, что решающая роль принадлежит сфере услуг, на долю которой приходится более 66% ВВП. Во многом это связано с развитой транспортной системой, высокой платежеспособностью населения и сформированным туристическим имиджем.

В 2016 году Каталония – лидер по экспорту в Испании – 25,6% от общего объема экспорта. Данный показатель больше автономных сообществ Валенсия и Мадрид, занимающих второе и третье место по объему экспорта в Испании, вместе взятых (22,4%). Вместе с этим, стоит отметить, что продукция, производимая в регионе, является конкурентоспособной на мировом рынке. Об этом свидетельствует рост экспортной квоты с 2000 года на 5,1% к 2016 году. Экспортируемая продукция наукоемкая, ресурсоемкая и технологически сложная, для производства которой импортируются топливно-энергетические ресурсы, активно импортируемые в регионе. Согласно структуре внешней торговли, основу экспорта составляет химическая промышленность, на которую приходится почти четверть всего экспорта в регионе. Основа экспорта Каталонии в 2016 году пришлась на страны Европейского союза – 64,9%. Главные импортеры – Германия и Китай.

Приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в Каталонию достиг рекордных уровней за всю историю региона в 2015 году: €5,4 млрд. или 22% всех ПИИ в Испании. В 2010 году было привлечено 6 новых международных проектов, которые позволили Каталонии динамичнее выйти из кризиса, и составили 35% от всех ПИИ в Испании. Благодаря им, за период 2010-2016гг. было привлечено более €27 млрд. ПИИ и была сокращена безработица, путем формирования свыше 50000 новых рабочих мест. За этот период Каталония стала 5-ым регионом в Европе, по доле ПИИ в ВВП (2,2%). В целом, объем инвестиций с начала века увеличился на 92%, а абсолютным лидером по привлеченным инвестициям стала обрабатывающая промышленность, которая за 17 лет привлекла почти 29% всех ПИИ.

Каталония – лидер в Испании по расходам на развитие НИОКР, на ее долю приходится более 23% всех расходов на инновации в Испании. В настоящее время в Каталонии наступает «Индустрия 4.0». Расходы на НИОКР в 2015 году составили 1,52% ВВП, превысив показатели по Испании в среднем (1,24%), но оказавшись ниже, чем в среднем по ЕС (2,04%).

Население Каталонии на 2017 год составило более 7,5 млн. человек. С начала века оно увеличилось на 20%. Миграционное движение стало основным фактором увеличения численности населения Каталонии, 70% прироста населения в Каталонии с 2000 года обусловлено миграционным движением. В 2000 году иностранных граждан в Каталонии проживало только 0,30%. Но за 17 лет их количество увеличилось в 57 раз (с 18159 человек до 1041362). Основные источники иммигрантов Южная Америка, Африка и ЕС.

В 2017 году в регионе больше занятых лиц на 4,4% и меньше безработных на 1,5%, чем в среднем по стране. Наибольшее количество трудящихся находится в периоде зрелости: с 25 лет по 54 года (78,2%); людей пожилого возраста работает в 3 раза больше, чем молодежи. Главная причина отсутствия у безработных рабочего места – низкий уровень образованности и слабые рабочие навыки. Средняя годовая заработная плата в Каталонии в 2017 году составила €24321, что больше показателя по Испании на 5% и среднего показателя по Европейскому союзу на 38%, более 88% жителей Каталонии имеют площадь жилья свыше 60 м<sup>2</sup>. А согласно исследованию Credit Suisse Group AG, проведенному в 2014 году, независимая Каталония заняла бы 22-е место в мире, Испанией без Каталонии – 30-е.

По мнению автора, вероятность выхода Каталонии из состава Испании

минимальна, поскольку существует несколько проблем, мешающих каталонским сепаратистским настроениям завершиться отделением от Испании. Первая – законодательная. 155-я статья Конституции Испании 1978 года позволяет государственной власти провозглашать и устанавливать прямую власть в любом автономном регионе, если есть угроза самодержавию. Вторая – политическая. Новому потенциальному государству может грозить политическая изоляция. Для присоединения к Евросоюзу надо заручиться поддержкой всех его членов, в том числе Испании, имеющей право вето.

Третья – экономическая. Выход из ЕС повлечет прекращения таких основополагающих экономических прав, как свободное движение ресурсов и готовой продукции, что может вызвать существенный отток капитала и снижение объемов экспорта. Выход из ЕС подразумевает отказ от евро и лишение дотаций Евросоюза

В ходе прогнозирования экономического роста Каталонии за основу была выбрана четырехфакторная аддитивная модель, регрессоры в которой соответствуют составляющим ВВП по расходам, а динамика внутреннего валового продукта – результирующему показателю развития экономики.

В ходе моделирования уравнение претерпело корректировку, в связи с рядом причин, в том числе из-за статистической незначимости части факторов и знаков при коэффициентах, не соответствующим экономической теории. Итоговая модель объясняет зависимость ВВП и, соответственно, экономического роста от расходов домохозяйств, которые опосредованно воздействуют на человеческий, производственный и внешнеэкономический потенциал. Совершенно точно можно отметить, что нахождение автономного сообщества в составе страны ведет к устойчивому экономическому росту, который через 3 года составит 4,88%. При неблагоприятном варианте прогноза итоговый темп прироста ВВП за 3 года окажется на уровне 0,14%, причем в 2018 и 2019 гг. экономический рост в Каталонии будет отрицательным.

Экономический потенциал Каталонии охарактеризован выгодным географическим положением, определяющим структуру миграции, внешнеэкономической и инвестиционной деятельности, обрабатывающую направленность промышленности, туристическую привлекательность региона; ростом населения, обусловленным иммиграцией; более эффективной структурой трудовых ресурсов, чем в целом по стране, и развитой социальной сферой; индустриально развитой экономикой, в которой преобладает химическая промышленность, при недостаточности энергетических ресурсов; эффективной транспортной системой; производством наукоемкой, ресурсоемкой и технологически сложной продукцией, которая конкурентоспособна на мировом рынке; активным диверсифицированным притоком ПИИ. Совершенно точно можно отметить, что нахождение автономного сообщества в составе страны ведет к устойчивому экономическому росту, выход из испанского государства может повлечь необратимые кризисные последствия, как для региона, так и страны в целом.

## Литература

1. Estadístiques oficials de Catalunya referents a població, economia i societat // Institut d'Estadística de Catalunya URL: [idescat.cat](http://idescat.cat) (дата обращения: 01.05.2018).
2. The new industry: The core sector of the Catalan economy // Departament d'Empresa i Coneixement URL: [http://empresa.gencat.cat/web/.content/01\\_-\\_informacio\\_departamental/01\\_-\\_departament/publicacions/industria/papers\\_d\\_economia\\_industrial/documents/arxiu/resum\\_en\\_angles.pdf](http://empresa.gencat.cat/web/.content/01_-_informacio_departamental/01_-_departament/publicacions/industria/papers_d_economia_industrial/documents/arxiu/resum_en_angles.pdf) (дата обращения: 07.05.2018).

3. Analysis of the Evolution of the Catalan Economy // Departament d'Empresa i Coneixement URL: [http://economia.gencat.cat/web/.content/70\\_economia\\_catalana/arxius/informe-anual/2016-Annual-Report.pdf](http://economia.gencat.cat/web/.content/70_economia_catalana/arxius/informe-anual/2016-Annual-Report.pdf) (дата обращения: 11.05.2018).
4. The Economy of Catalonia. Questions and answers on the economic impact of independence // Col·legi d'Economistes de Catalunya URL: <http://www.coleconomistes.cat/pdf/the.economy.of.catalonia.pdf> (дата обращения: 22.04.2018).



**Пашнин Александр Денисович**

Год рождения: 1997

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра вычислительной техники,  
группа № Р3411

Направление подготовки: 09.03.04 – Программная инженерия

e-mail: adpashnin@cs.ifmo.ru

**УДК 004.822**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ  
О НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ**

**А.Д. Пашнин**

**Научный руководитель – ассистент С.В. Клименков**

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

Агрегация информации о недвижимости играет важную роль во множестве видов деятельности, например, в оценочной деятельности. На текущий момент, операции по сбору, категоризации и накоплению информации о недвижимости производятся вручную. В настоящее время существует несколько подходов [1], направленных на извлечение информации о недвижимости из различных источников, и существующие решения в этой области. В результате исследования было установлено, что оптимальным подходом является извлечение информации из текста объявления. Единственным решением, способным извлекать структурированную информацию из текста на естественном языке, является Томита-парсер. Вместе с тем данный инструмент имеет существенный недостаток, не позволяющий использовать его для обширной предметной области недвижимости, а именно – необходимость создания словаря ключевых слов и контекстно-свободных грамматик, описывающих представление извлекаемой информации в тексте.

В работе предлагается подход, базирующийся на использовании семантической сети позволит сократить объём ручного труда, возлагаемого на пользователя. Кроме того, использование семантической сети значительно повышает гибкость инструмента, поскольку позволяет акцентировать внимание на том, какую информацию необходимо извлечь, а не на том, как она может быть представлена в тексте.

Целью данной работы является обеспечение механизма автоматизированного извлечения информации из объявления о недвижимости, для достижения данной цели был поставлен ряд задач.

Во-первых, необходимо на основе данных из открытых источников подготовить структуру семантической сети для необходимой нам предметной области недвижимости и наполнить её данными.

Во-вторых, требуется спроектировать семантические шаблоны поиска фактов в тексте.

В-третьих, необходимо разработать алгоритм отображения семантических фреймов на текст на естественном языке.

В рамках задачи по наполнению семантической сети для предметной области был проанализирован ряд источников. В результате анализа было принято решение для

импорта данных использовать RuTез [2] совместно со словарём Зализняка [3]. Разработанный алгоритм извлечения данных выглядит следующим образом:

На первом шаге из онтологии RuTез извлекаются смысловые единицы и связи между ними. Затем происходит извлечение дополнительных словоформ из словаря Зализняка. Далее производится уточнение связей между извлечёнными смысловыми единицами, после которого получается итоговая семантическая сеть заданной предметной области.

Основой предлагаемого подхода являются семантические фреймы, идеологически основанные на фреймах Филлмора [4, 5], пример которых приведён на рисунке.

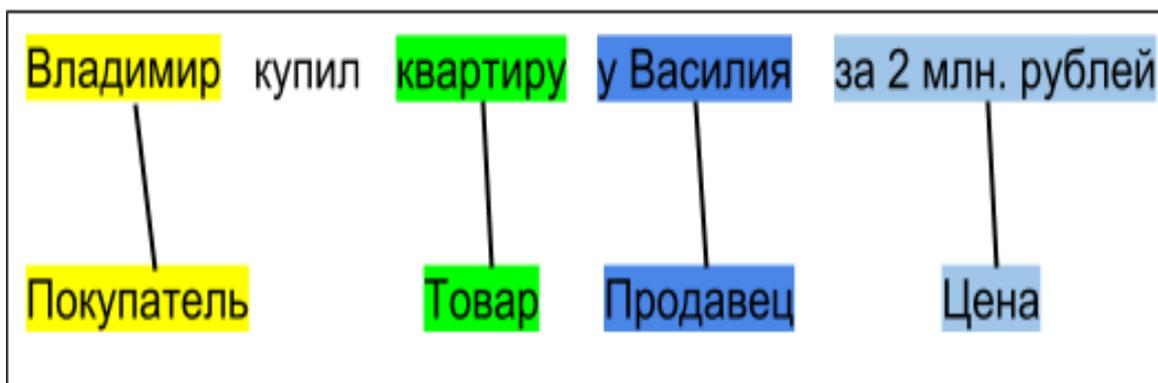


Рисунок. Пример фрейма Филлмора

Данный подход хорошо себя зарекомендовал, однако имеет ряд сложностей, связанных с подготовкой данных для фреймов и правил отображения на текст. В работе предлагается расширить этот подход.

Предлагаемый формат фрейма представляет собой последовательность элементов, которые могут быть трёх видов: лексические, семантические, искомые. Лексические представляют собой подстроку анализируемого текста. Семантические единицы, в свою очередь, могут быть двух видов. Первый вид предполагает использование лексем только указанного смыслового значения. Это позволит конкретизировать информацию, которую необходимо извлечь из текста. Второй вид, наоборот, предполагает использование словоформ как указанного смысла, так и всех его гипонимов. Такой вид семантических единиц будет полезен в случае, когда необходимо собрать информацию о как можно большем количестве объектов недвижимости того или иного вида. Лексические и семантические единицы являются опорными точками, между которыми находится текст с извлекаемой информацией. Для такой информации вводится понятие искомого элемента.

Отображение фрейма на текст выглядит следующим образом:

На вход алгоритму поступает вектор токенов, полученный от модуля токенизатора после предварительной обработки текста, а также фрейм, который необходимо применить к тексту.

На первом шаге в векторе токенов ищется множество лексических элементов.

На втором шаге интерпретатор, обрабатывая семантические элементы, манипулирует узлами семантической сети и результатом этих манипуляций является множество словоформ, выражающих заданное смысловое значение. На следующем шаге алгоритма интерпретатор заполняет искомые элементы семантического фрейма токенами, позиции которых соответствуют позициям этих элементов.

В ходе работы был предложен формат семантического фрейма, основанный на формате фреймов Филлмора. Был разработан и реализован в виде программного модуля алгоритм, производящий отображение семантической информации на текст на естественном языке.

#### **Литература:**

2. Ермакова Л. М. Методы извлечения информации из текста // Вестник Пермского университета, 2012, серия Математика. Механика. Информатика, Вып.1(9). - С. 77-84.
3. Лукашевич Н. В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. Издательство МГУ имени М. – 2011.
4. Jiřáček J. Зализняк, Андрей Анатольевич. Грамматический словарь русского языка: словоизменение // Feedback. – 2013. – Т. 29. – No. A28.
5. Fillmore C. J. Scenes-and-frames semantics //Linguistic structures processing. – 1977. – Т. 59. – С. 55-88.
6. Fillmore C. Frame semantics // Linguistics in the morning calm. – 1982. – С. 111-137.



**Пилишкина Мария Андреевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра производственного менеджмента и трансфера  
технологий,  
группа № U3407

Направление подготовки: 38.03.02 – Менеджмент, Управление  
технологическими инновациями

E-mail: massh9i@gmail.com

**УДК 339.97**

**ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ  
КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЫНОК ДЛЯ ЭКСПОРТНО  
ОРИЕНТИРОВАННЫХ МАЛЫХ И СРЕДНИХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**М.А. Пилишкина**

**Научный руководитель – д.э.н., профессор М.А. Макаrenchенко**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 167 конкурса Комитета по науке и высшей школе «Студенты – городу» по заказу Комитета по развитию предпринимательства и потребительского рынка Санкт-Петербурга

Процесс глобализации бизнеса, а также всемирное развитие международного сотрудничества предполагает активное расширение географии рынков компаний, стремящихся добиться определенных успехов в процессе своей деятельности. Евразийский Экономический Союз представляет собой самый перспективный интеграционный проект на территории стран ближнего зарубежья Российской Федерации, а присутствие санкционного режима со стороны стран запада лишний раз указывает на необходимость взаимодействия со странами-соседями в целях укрепления экономической системы страны [3, 5].

Тем не менее страны-участницы Евразийского Экономического Союза не являются основными партнерами предприятий Санкт-Петербурга по международной торговле, несмотря на наличие торговых льгот и хорошее отношение с государствами-участниками ЕАЭС. Возникает вопрос: является ли рынок Евразийского Экономического Союза перспективным направлением для ведения международной торговли? Для того, чтобы найти решение данной проблемы, был проведен выборочный опрос среди экспортно ориентированных предприятий Санкт-Петербурга.

В общем счете было опрошено 25 фирм-экспортеров. Компании были взяты из различных отраслей (машиностроение, фармацевтическая продукция, IT-услуги и легкая промышленность). Были заданы вопросы, относящиеся к рынку Евразийского Экономического Союза. Основная цель опроса – определение перспективности данного рынка, а также выявление основных проблем, с которыми сталкиваются экспортеры в процессе осуществления торговой деятельности со странами-участницами ЕАЭС для дальнейшей разработки рекомендаций по оказанию помощи российским экспортерам.

Согласно результатам опроса 62,5% участников считают рынок Евразийского Союза весьма перспективным. 75% опрошенных компаний отметили недостаточную информированность о рынке Евразийского Экономического Союза главным аспектом, мешающим успешному сотрудничеству [2].

Большое количество компаний, стоящих на пороге выбора внешнего рынка для дальнейшего торгового сотрудничества, не обладает необходимой информацией для

осознанного выбора делового партнера. Другими словами, существующие на сегодняшний день механизмы предоставления информации фирмам-экспортерам Санкт-Петербурга о рынке ЕАЭС недостаточно эффективны.

Большинство опрошенных экспортеров (70%) хотели бы получать информацию о таможенных льготах и преимуществах при сотрудничестве с рынком Евразийского Экономического Союза. Ввиду этого обстоятельства, предлагается публиковать краткие схематичные инструкции по подтверждению нулевой ставки налога на добавленную стоимость, а также выпускать новости, которые касались бы таможенного регулирования предприятий, работающих на рынке ЕАЭС (рисунок) [1].



Рисунок. Алгоритм подтверждения нулевой ставки НДС

Возможно рассмотрение варианта сотрудничества Комитета с Университетом ИТМО, так как университет имеет инновационную технологическую направленность и широкий спектр возможностей оказания помощи Комитету, в том числе в отрасли качественного информирования (разработка сайтов, рассмотрение проблем ЕАЭС на научных конференциях, исследовательские работы и так далее).

Для того, чтобы информирование экспортно ориентированных компаний Санкт-Петербурга проходило максимально эффективно, необходимо предоставление данных в понятном и хорошо организованном виде. Информацию стоит предоставлять с помощью таких социально-экономических нормативов, как схематичные прогнозы перспективности рынков стран-участник ЕАЭС, динамика экспортной деятельности по годам/месяцам, количество экспортно ориентированных предприятий и так далее [4].

В результате проведения исследования можно сделать выводы, что эффективное использование инструментов информирования петербургских субъектов малого и среднего бизнеса приведет к целому ряду положительных последствий. Другими словами, прямым результатом использования эффективной системы информирования будет являться увеличение количества сотрудничающих с Евразийским Экономическим Союзом предприятий. Косвенным – развитие несырьевого экспорта Санкт-Петербурга, а также укрепление экономической системы страны (в том числе рост доходов и благосостояния, повышение качества жизни населения).

## Литература

1. О таможенном регулировании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 27 ноября 2011 года № 311-ФЗ – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_107181/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107181/)
2. Экспорт регионов и стран мира [Электронный ресурс] // Российский экспортный центр – Режим доступа: [https://www.exportcenter.ru/international\\_markets/world\\_map/](https://www.exportcenter.ru/international_markets/world_map/)

3. Барьеры, изъятия и ограничения Евразийского экономического союза, доклад // Евразийская экономическая комиссия – 2016 – С.16-19
4. Правовое измерение евразийской интеграции: перспективы и риски к 2025 году // Вестник ЕАЭС – Евразийские исследования – 2018 С. 5-9
5. Д. э. н., проф. Л. Ф. Лебедева, к. э. н., доцент Т.Е. Мигалева Евразийский экономический союз: новый этап экономического взаимодействия // Мировая экономика, Вестник РЭУ им. Г. В. Плеханова – 2015 г. -№3 – С. 81-102



**Послянова Ольга Николаевна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехника,  
кафедра информационно-навигационных систем,  
группа № Р3430

Направление подготовки: 27.03.04. – Управление в технических системах

e-mail: posljnaova@yandex.ru

**УДК 544.537.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО КОНФИГУРИРОВАНИЯ ТОНКОЛИСТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

**О.Н. Послянова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент О.С. Юльметова**

Введение. Высокие темпы научно-технического прогресса тесно связаны с модернизацией существующих и разработкой новых, более точных средств измерений. Довольно важное место среди этих средств занимают приборы, которые широко используются в условиях подземной навигации, которые применяются при геологических исследованиях, а именно при поиске и добыче природных ресурсов, прежде всего нефти и газа. Первостепенной задачей в условиях подземной навигации является определение пространственного положения ствола скважины, другими словами инклинометрия скважин.

Особое внимание при разработке инклинометров уделяется технологическим проблемам. Достаточно трудоемкой с технологической точки зрения является операция по изготовлению магниточувствительных тонколистовых сердечников. Традиционно сердечники подобного типа изготавливались механическим и электроэрозионным методами. Однако данными методами присущи недостатки: отбраковка при производстве достигает до 60% и неэффективность в условиях мелкосерийного производства [3]. В связи с этим в данной работе исследуется и разрабатывается процесс технологического конфигурирования сердечника инклинометра на основе лазерной обработки. Таким образом, целью данной работы является исследование и разработка технологии лазерного конфигурирования тонколистовых сердечников феррозондового инклинометра.

Лазерное конфигурирование тонколистовых материалов. Сердечник феррозондового инклинометра представляет собой малогабаритный элемент размерами  $13\pm 0,1 \times 1_{-0,05}$  мм (рис.1) [1].

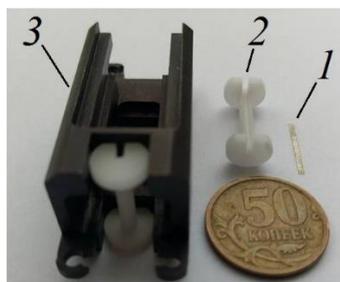


Рис. 1. Составные элементы феррозонда, 1 – сердечник, 2 – каркас, 3 – корпус

Данный сердечник изготавливают из магниточувствительных аморфных высококобальтовых лент марок 71КНСР (химический состав сплава представлен в табл.), толщина которых не превышает 25 мкм.

Таблица

**Химический элементный состав сплава.**

Сплав 71КНСР	Co	Ni	Fe	C	Si
Состав, вес%	71	12	6	3	7

Лазерная обработка тонколистовых материалов во многом схожа с лазерной обработкой массивных материалов, однако обладает некоторой спецификой. Особенность заключается в том, что при лазерной обработке длина пробега электрона соизмерима с толщиной листового материала, поэтому, происходит нагрев всего обрабатываемого материала. За счет повышения температуры в материале активируется ряд процессов, которые не всегда благоприятно сказываются на его свойствах и параметрах. Окисляется не только поверхность, а весь листовой материал. Кроме того, материал в данных условиях подвержен большей деформации. В связи с этим лазерная обработка тонколистовых материалов является затруднительно и требует тщательного подбора режимов для каждого определенного случая [2].

При обработке многокомпонентного сплава, который является сплав марки 71КНСР, химический состав которого ранее был представлен, окисление материала может быть вызвано протеканием ряда реакций. Для оценки степени окисления материала при лазерной обработке был проведен термодинамический анализ возможных взаимодействий, согласно которому разрешенность химической реакции определяется величиной и знаком изобарно-изотермического потенциала. В качестве основного управляющего фактора процесса лазерной обработки был определен состав газовой среды [4].

Лазерное конфигурирование проводилось не только на воздухе, но и с поддувом аргона, что позволило обеспечить сохранение магнитных свойств сердечника, поскольку аргон, обладая инертными свойствами, защищает материал при воздействии лазерного луча от избыточного окисления. Особенностью данного режима является прием многопроходной обработки. То есть на первом этапе при более высокой мощности и низкой скорости осуществляется непосредственно рез материала, а второй этап с более низкой мощностью и высокой скоростью необходим для подплавления и сглаживания локальных дефектов. Данный метод позволяет исключить перегрев материала, его окисление и полное или частичное разрушение материала вследствие охрупчивания.

Полученные с использованием лазерной технологии сердечники подверглись контролю магнитных свойств, химическому элементному анализу и оценке морфологии поверхности. Эксперименты по лазерной резке производились на установке «Минимаркер 2».

Оценка морфологии поверхности и определение химического состава сплава осуществлялись с использованием электронного микроскопа MIRA3 TESCAN (рис. 2).

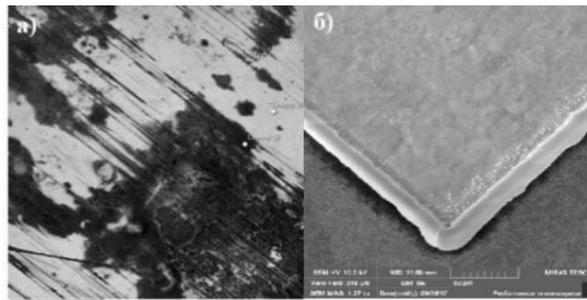


Рис. 2. Изображения поверхности сердечника после лазерной обработки а) воздушной среде (темный налет – оксидная пленка), б) с поддувом аргона (окисление только на срезе)

**Заключение.** В ходе проведенной исследовательской работы были успешно выполнены цель и поставленные задачи. Результаты термодинамического анализа показали, что при лазерной обработке в воздушной среде происходят окислительные процессы в аморфной ленте, что существенно сказывается на магнитных свойствах материала. В связи с этим был осуществлен термодинамический анализ окислительных процессов, которые имеют место быть при лазерной обработке в воздушной среде с поддувом газа аргона. Термодинамический расчет выявил, что степень окисления значительно снижается при обработке с поддувом аргона, что было подтверждено результатами эксперимента. Опытным путем был выявлен режим лазерной обработки, который позволил сконфигурировать тонколистовой магниточувствительный сердечник феррозондового инклинометра с заданными геометрическими параметрами и сохранностью магнитных свойств. Отличительной особенностью данного режима является многопроходная обработка. Полученные результаты химического элементного анализа и изображения поверхностей сердечников подтвердили адекватность расчетов, согласованных с результатами экспериментов.

### Литература

1. Биндер Я.И., Вольфсон Г.Б., Гаспаров П.М., Геркус А.А., Гутников А.Л., Ключкин П.А., Падерина Т.В., Розенцвейн В.Г. Феррозондовый скважинный инклинометр // Патент на изобретение № 2291294. 2007. Бюл. №1.
2. Вейко В.П., Шахно Е.В. Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с.
3. Власкин К.И. Разработка электромагнитных датчиков систем и малогабаритных первичных преобразователей феррозондового типа. Автореферат. Уфа: 2016. 20 с.
4. Yulmetova O.S., Scherbak A.G., Composition analysis of thin films formed on beryllium surfaces under pulsed laser action by the method of chemical thermodynamics // International Journal of Advanced Manufacturing Technology – 2018, pp.1-6.



**Самосова Анна Михайловна**

Год рождения: 1993

Факультет инфокоммуникационных технологий,  
кафедра геоинформационных систем,  
группа № К3400

Направление подготовки: 11.03.02 – Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи

e-mail: anna.samosova@yandex.ru

**УДК 621.396.24**

## **АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ПАКЕТНОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИОСЕТИ**

**А.М. Самосова**

**Научный руководитель – к.т.н. М.Ю. Аванесов**

В настоящее время информационные технологии оказывают самое прямое влияние на состояние и развитие всех отраслей человеческой деятельности. Компьютерный мир стал сетевым. Во многих случаях использование проводных или оптоволоконных линий связи невозможно или экономически нецелесообразно, тогда наиболее эффективным решением проблемы связи является использование радиосетей передачи данных. Системы, работающие в коротковолновом диапазоне, позволяют передавать данные на расстояния до нескольких тысяч километров, что предоставляет уникальную возможность охвата значительных территорий. Одним из главных препятствий к широкому внедрению таких систем является надёжность связи, зависящая от времени суток, погодных условий, взаимного расположения передатчика и приёмника, обилия помех и качества связи. В связи с этим вопрос о переходе от односкачковых коротковолновых радиосетей к многоскачковым, допускающим перенаправление сетевого трафика по составному обходному маршруту при выходе из строя одного или нескольких радиоканалов, является актуальным.

Целью работы является создание алгоритма, с помощью которого будет эффективно решена проблема определения оптимального маршрута следования пакетов данных в цифровой пакетной коротковолновой радиосети. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: проанализировать объект исследования, выявить специфику объекта исследования, представить математическую модель объекта исследования, разработать алгоритм маршрутизации.

В ходе анализа объекта исследования, цифровой пакетной коротковолновой радиосети, были выявлены следующие особенности: сеть имеет тип «вещание», между узлами может быть установлена только симплексная связь, каналы связи такой сети асимметричны [1]. В связи с этим математическая модель объекта представлена в форме ориентированного графа  $G(N, L)$ , состоящего из  $N$  вершин (радиоузлов) и  $L$  рёбер (действующих линий связи) [2]. Такому графу соответствует бинарная матрица связности  $A(G)$ . На рис. 1 приведён пример для радиосети, состоящей из четырёх узлов, линии связи выбраны случайно.

Вершины рассматриваемого графа пронумерованы в случайном порядке. Учитывая, что на каждой из вершин графа есть информация о последовательности вещания (совпадает с нумерацией), а также о продолжительности вещания каждой вершины, на любой из вершин становится возможным определить, какие из оставшихся вершин она способна «услышать», а какие нет.

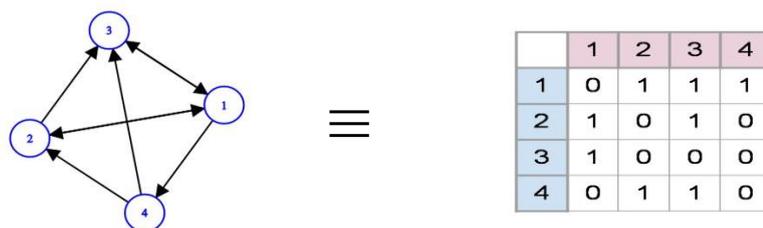


Рис. 1. Орграф и соответствующая ему матрица связности

Изначально на всех вершинах графа расположена нулевая собственная матрица связности ( $A_c$ ). При запуске алгоритма начинается поочерёдная передача служебных сообщений, содержащих матрицы связности, во время которой матрицы связности, сформированные на каждой из вершин графа, будут изменяться, пополняясь данными о наличии действующих каналов связи. Блок-схема алгоритма работы для вершины  $j$  при приеме и передаче служебных сообщений приведена на рис. 2.

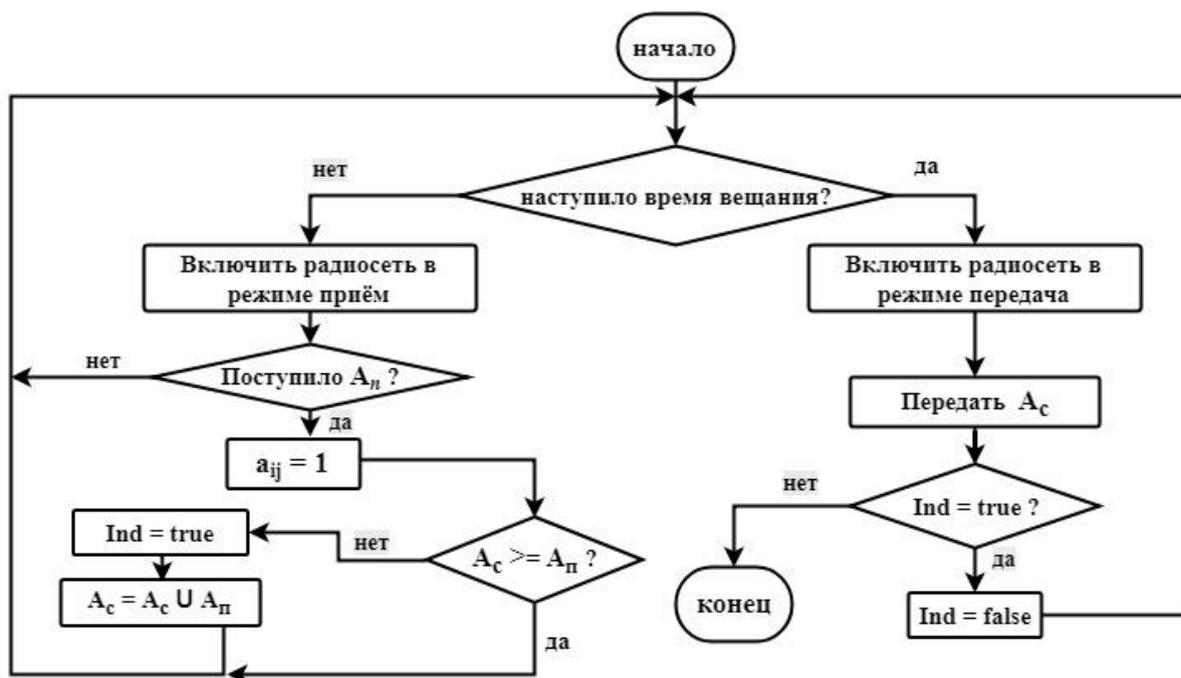


Рис. 2. Алгоритм для каждой вершины

Каждая вершина будет вещать (при наступлении выделенного для этой вершины времени вещания) или ожидать служебного сообщения от вещающей вершины в соответствии с графиком вещания. В случае получения вершиной служебного сообщения – в собственной матрице связности вершины подтверждается наличие действующего канала связи от вершины-передатчика к вершине-приёмнику (соответственный элемент матрицы  $a_{ij}$  приравнивается к «1»). Если в полученной матрице ( $A_n$ ) есть дополнительные сведения о наличии каналов связи, собственной матрицей связности вершины становится дизъюнкция принятой и собственной матриц

связности ( $A_c \cup A_n$ ), индикатор изменения ( $Ind$ ) при этом принимает значение «true». После собственного вещания вершина проверяет индикатор изменений, если его значение за круг остаётся «false», на вершине сформировалась необходимая матрица связности, алгоритм завершён.

Время сходимости алгоритма ( $T_{сход}$ ) можно оценить по формуле:

$$T_{сход}[с] \leq \frac{N_{пак} \cdot S_{пак}[\text{бит}]}{Br[\text{бит/с}]} = \frac{N^4 - N^3 + N^2}{Br} [с] ,$$

где  $N_{пак}$  – общее количество переданных по сети служебных сообщений,  $S_{пак}$  – размер одного сообщения,  $Br$  – средняя канальная скорость.

Разработанный алгоритм позволяет за конечное время построить полные матрицы связности на каждом узле связи, на основании которых в дальнейшем осуществляется расчет прямых и обходных маршрутов [3]. На данный момент в разработке алгоритма нет учета внешнего шума, искажения и помех, созданных другими передатчика на той же частоте. Тема имеет место для дальнейшего исследования.

### Литература

1. Головин О.В., Простов С.П. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / Под ред. О.В. Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 598с.
2. Оре Ойстин Графы и их применение. Изд. 2-е, стереотипное. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 168с.
3. Романовский И.В. Дискретный анализ. 4-е изд., испр. И доп. СПб.: Невский Диалект, БХВ-Петербург, 2008. – 336с.



**Соловьева Александра Анатольевна**

Год рождения: 1997

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра графических технологий,  
группа № Р3471

Направление подготовки: 09.03.02 – Информационные системы  
и технологии

e-mail: alexrusta@gmail.com

**УДК 004.942**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТОРМОЗА И АНАЛИЗ ЕГО РАБОТЫ В СРЕДЕ SOLIDWORKS**

**А.А. Соловьева**

**Научный руководитель – тьютор А.С. Лысков**

В текущий момент в отечественной промышленности растет потребность в создании высокотехнологических машиностроительных разработках.

Фирмой «Технопультс» был получен госзаказ на разработку гидравлического балансирного тормозного динамометра (гидротормоза) для испытательного стенда вертолетных двигателей, компания решила использовать лучшие мировые аналоги и адаптировать их к российским условиям [1, 2]. Для представления объекта в наглядном виде и оценке его работоспособности возникла необходимость создания качественной 3D модели по существующим конструкторским чертежам.

Целью ВКР являлось создание высокоуровневой модели гидротормоза и проведение нескольких компьютерных экспериментов. Для определения наиболее подходящего для реализации программного обеспечения проведён сравнительный анализ существующих систем автоматизированного проектирования, в результате чего была выбрана САПР «SolidWorks» [3, 4].

В ходе работы была смоделирована конструкция всего гидротормоза, на все модели были наложены необходимые для корректного отображения материалы и выполнен рендер как всей конструкции в целом, так и некоторых деталей в отдельности (рис. 1). Кроме изображений были созданы анимации разнеса и сборки некоторых важных сборочных единиц, и всего гидротормоза в целом. Такие анимации служат для демонстрации процесса сборки и могут быть использованы как презентационные материалы для заказчиков и всех заинтересованных лиц.

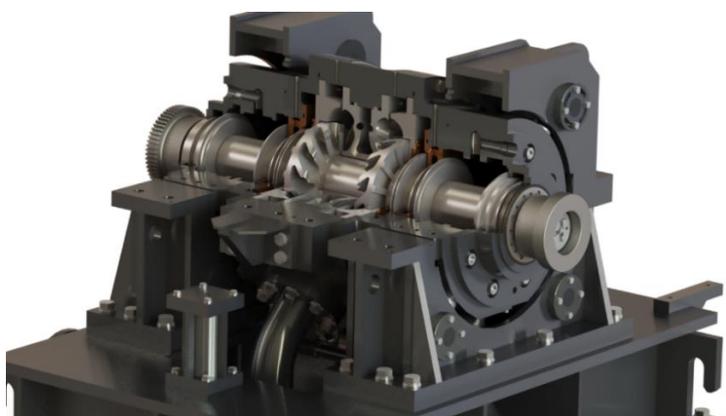


Рис. 1. Гидротормоз в сборе. Разрез

На основе спроектированной модели был проведён конечно-элементный анализ вала гидротормоза на способность выдержать требуемые нагрузки, а именно, расчёт собственных колебаний вала (мод). Если гидротормоз будет работать при рассчитанных скоростях, произойдет частотный резонанс и вал подвергнется необратимой деформации. Исходные характеристики гидротормоза позволяют заключить, что он успешно «проскакивает» первую резонансную частоту, так как на столь малой скорости оборотов тормоз не работает длительное время, быстро и плавно разгоняясь для стандартного режима работы; вторая же резонансная частота колебаний достигнута не будет. Следовательно, конструкция рассчитана на успешную работу и специально создана таким образом, чтобы собственные колебания вала не мешали работе.

Также был проведён расчёт материала вала на соответствие характеристик заданным требованиям. Данный анализ показал, что выбранный металл с успехом выдерживает нагрузки во всех заданных режимах и не подвержен необратимой деформации. Таким образом, вся роторная часть является прочной, выдерживает многократные запуски тормоза и полностью удовлетворяет заданным характеристикам.

Был проведён анализ движения рабочей жидкости и сняты некоторые характеристики смоделированного потока [5]. В результате проведённого анализа разработана модель распределения водного потока в гидротормозе и определено, что выбранная конструкция рабочей области тормоза нуждается в детальной проработке и дальнейшем изучении. На основе этого анализа были предложены возможные варианты доводки конструкции. На основе построенной компьютерной модели можно проводить дальнейшее совершенствование и модернизацию гидротормозов подобного типа (рис. 2).

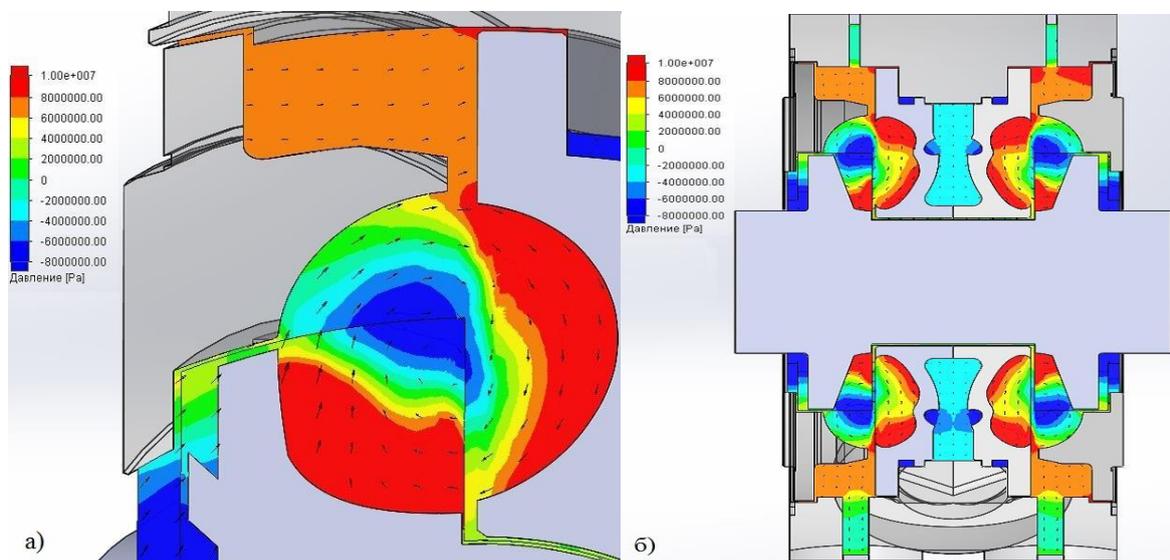


Рис. 2. Распределение давления водного потока а) в сечении лопасти гидротормоза;  
б) в продольном сечении гидротормоза

Проведённое компьютерное моделирование позволило определить зависимость характеристик потока рабочей жидкости от геометрии самой модели и найти все наиболее уязвимые к разрушению места конструкции. Подобный анализ предоставляет возможность наглядно рассмотреть всю динамику движения потока внутри рабочей области и проанализировать работу всей конструкции на самых первых этапах проектирования, задолго до момента создания итогового реального рабочего изделия и даже его прототипа.

Полученная высокоуровневая модель, полностью идентичная реальному изделию, даёт возможность производить многообразные виртуальные испытания модели для проверки работоспособности конструкции и соответствия заданным характеристикам, что позволяет существенно упростить и ускорить процесс создания реального изделия.

### Литература

1. Tominaga, S. Engine Testing [Text]/ S. Tominaga // Technical Journal "Readout" – 2010. – 13. – P. 8 – 13.
2. McNamee, R. Hydraulic Dynamometer [Text]/ R. McNamee, I. Monk, T. Page, M. Taglieri // Worcester Polytechnic Institute – 2010. – 94 p.
3. Алямовский, А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.– 1040 с.
4. Соловьева, А.А. Сравнение систем автоматизированного проектирования «компас-3D» и «solidworks» [Текст] / А. А. Соловьева // journal of advanced research in technical science – 2018. – Т. 2. – № 9. – С. 23–29.
5. Соловьева, А. А. Моделирование распределения водного потока в программном комплексе «SolidWorks Flow Simulation» [Текст] / Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы I международной студенческой научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2018. – 166 с.



**Сысунов Никита Дмитриевич**

Год рождения: 03.10.1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологий интроскопии,  
группа № В3455.

Направление подготовки: 12.03.01 – Приборостроение

e-mail: mr.belorusianin@gmail.com

**УДК 536.51.14; 534.6**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АНАЛИЗА  
АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СОЕДИНЕНИЙ СВАРКОЙ  
ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ**

**Н.Д. Сысунов**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент И.Ю. Кинжагулов**

Работа выполнена в рамках темы ВКР

Сварка является одним из наиболее распространённых решений получения неразъёмных соединений в судо-, авиа-, машиностроении, ракетно-космической технике. Для достижения высокого качества и оптимальных экономических показателей требуется применение наиболее передовых технологий получения сварных соединений. Одной из таких технологий на сегодняшний день является сварка трением с перемешиванием (СТП). В процессе получения сварного шва сваркой трением с перемешиванием возможно образование различных дефектов, негативно влияющих на характеристики конструкции. Для повышения качества сварных соединений необходимо контролировать все факторы, которые могут повлиять на качество сварного шва, на всех этапах их получения. Одним из методов неразрушающего контроля, который целесообразно использовать в процессе получения сварного шва, является акустико-эмиссионный (АЭ) метод. Процесс сварки трением с перемешиванием описывается рядом параметров, каждый из которых определяет качество сварного соединения. Неверный выбор значений данных параметров влечёт за собой образование дефектов, самым распространённым из которых является непровар корня шва. Основой для выбора значений параметров процесса СТП являются физико-механические свойства материалов свариваемых деталей, таких как предел текучести, твёрдость, теплопроводность, пластичность и др. Также к образованию дефектов в СШ неизбежно приведут несплошности в заготовке в области сварных кромок. Элементы оборудования для СТП, а именно сварочный инструмент, сварочная установка и сварочная оснастка, в совокупности должны обеспечивать получение качественного сварного соединения, поэтому требования, предъявляемые к этому оборудованию, играют существенную роль в технологии СТП [1]. Акустико-эмиссионный контроль – это метод неразрушающего контроля, в основе которого лежит физическое явление излучения волн напряжений при быстрой перестройке структуры материала. Как структурно чувствительный метод, АЭ контроль обеспечивает обнаружение процессов пластической деформации, разрушения и фазовых переходов. Согласно исследованиям, описанным в литературных источниках [2 – 4]:

- АЭ-контроль обладает высокой чувствительностью, которая обеспечивает обнаружение износа и поломки режущего инструмента в режиме реального времени;
- метод АЭ может быть эффективно использован для онлайн-мониторинга процесса СТП путем соответствующей установки пороговых значений параметров АЭ для различения хороших и плохих сварных швов;
- пороговые значения параметров АЭ, рассмотренных для различения хорошего и плохого сварных швов, являются специфическими для сварного материала, толщины материала и параметров входного процесса.

На основании анализа научно-технических источников [2-4] для достижения поставленной цели предлагается использовать алгоритм обработки, структурная схема которого представлена на рис. 1. В данном алгоритме показательными параметрами АЭ-сигнала были выбраны энергия, частота, суммарный счёт и активность. Для каждого из данных параметров должны быть известны статистические диапазоны значений, которые будут соответствовать протеканию процесса СТП в штатном режиме. В случае отклонения от данных диапазонов более двух параметров предлагается изменить параметры сварки. Особенностью данного алгоритма является то, что результат мониторинга основывается не на одном параметре, на совокупности параметров, что должно существенно повысить качество контроля.

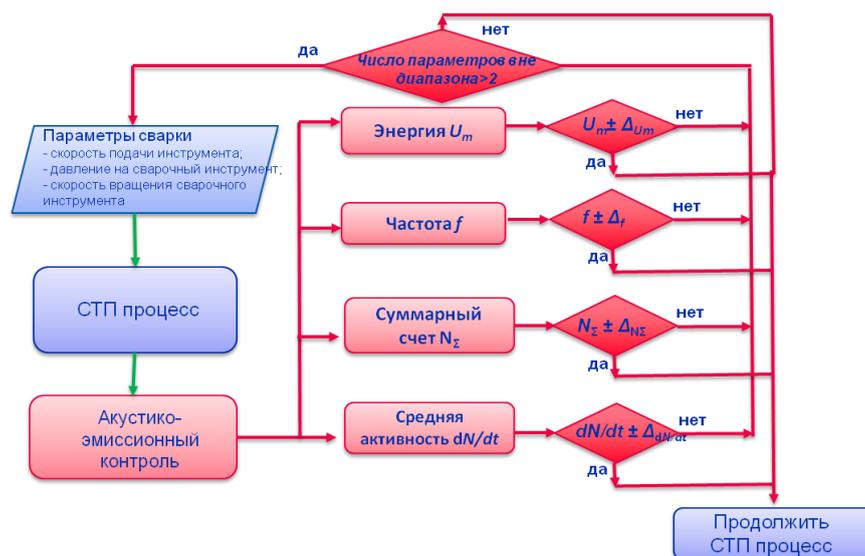


Рис. 1. Структурная схема алгоритма анализа АЭ данных, полученных при формировании соединений СТП

- На основании проведённой апробации были сделаны следующие выводы:
- Средняя активность АЭ при формировании сварных соединения более чем в 2 раза превышает активность АЭ при пластификации материала сварочным инструментом. Формирование активных областей АЭ связано с координатами сварного соединения, связанными с местами сверлений в свариваемых кромках.
  - Координаты активных областей АЭ локализованы в участках сварного соединения с нарушением однородности структуры, вызванной недостатком объема пластифицированного металла для полного заполнения освобождающегося за инструментом пространства, недостаточным тепловыделением для пластификации в зоне сварки, необходимым для формирования шва объема металла, изменением траектории перемешивания

- материала и нарушение непрерывности его течения.
- Координаты и протяженность активной области АЭ связана не с размером сверлений кромках, выполненных для имитации дефектов, а с изменением структуры пластифицируемого материала и процессов пластического течения материала.
  - Средняя медианная частота АЭ сигналов, зарегистрированных при формировании соединений выше (более чем на 12 %) средней медианной частоты АЭ сигналов, зарегистрированных при пластификации материала сварочным инструментом. Это обстоятельство может быть связано с увеличением доли сигналов АЭ с высокой медианной частотой, источниками которых являются процессы дефектообразования при формировании соединений СТП.

Результаты проведенной работы говорят о высоком потенциале применения алгоритма анализа АЭ данных, полученных при формировании соединений сваркой трением с перемешиванием для повышения достоверности результатов применения данного метода.

### Литература

1. ОСТ-134-1051-2010 Сварка фрикционная. Технические требования к сварным соединениям. – Введ. 2011-07-01. – 26 с.
2. Suresha C N, Rajaprakash B M, and Sarala Upadhya “Applicability of acoustic emission in the analysis of friction stir welded joints” / International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 1, No. 5, May 2009
3. V. Soundararajan, H. Atharifar and R. Kovacevic, “Monitoring and processing of acoustic emission signals from friction stir welding process”, IMechE Journal of Engineering Manufacture, Feb 2006.
4. Степанова К.А., Кинжагулов И.Ю. Разработка технологии оперативного неразрушающего акустико-эмиссионного контроля дефектообразования в процессе формирования соединения сваркой трением с перемешиванием//Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке. IX Международная научно-техническая конференция «Политранспортные системы». Тезисы конференций -2016. -С. 215-216.



**Ушаков Александр Витальевич**

Год рождения: 1997

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: sasha-ushakov@mail.ru

**УДК 65.011.56:621.9**

## **РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РАСШИРЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**А.В. Ушаков**

**Научный руководитель – К.В. Киприянов**

Развитие транспортных средств и информационных технологий позволило как рынку, так и производству расширить их коммуникационные возможности с поставщиками и клиентами, что стало причиной изменений в скорости и структуре процессов принятия решений на производстве, а также значительного роста числа звеньев, связей и партнерских отношений [1]. Увеличение количества товаров на промышленном рынке привело к тому, что решающим фактором в конкурентной борьбе оказалась скорость создания и выпуска новых видов изделий, отвечающих постоянно возрастающим требованиям потребителя. Компания в классическом представлении достигла предела своего развития, и ей на смену пришло расширенное предприятие, открытое и гибкое [2]. Под этим понимается объединение географически удаленных предприятий, работающих в едином информационном пространстве. Для решения интеграции межорганизационных процессов и обмена данными была разработана система выполнения задач, основанная на автономных агентах.

Под термином «Расширенное предприятие» понимается концепт организации, описывающий взаимодействие всех компонентов, которые прямым или косвенным образом влияют на скорость, качество и стоимость производства товаров и услуг, а также их реализацию на рынке.

Основными компонентами расширенного предприятия являются:

- поставщики узлов, компонентов, сырья, людских ресурсов;
- производственные объекты, такие как заводы, производственные линии, компании;
- логистика, включающая в себя склады, транспорт, посредников;
- клиенты, которыми могут быть как физические, так и юридические лица.

Многоагентная система – это группа программных компонентов, представляющих физические или логические объекты, которые могут общаться, договариваться и взаимодействовать друг с другом, когда у них недостаточно знаний или навыков для достижения индивидуальных или глобальных целей самостоятельно. Этим они схожи с цепями поставок, в которых участники могут быть представлены агентами [3]. Моделирование работы расширенных предприятий при помощи многоагентных систем возможно благодаря тому, что между компонентами и тех, и других наблюдаются слабые связи.

На рисунке изображена схема модели расширенного предприятия, показывающая связи между его компонентами. Модель включает в себя семь агентов:

- Заказчик формирует заказ.
- Рынок продаж принимает заказ и связывается с предприятием.
- Отдел продаж имеет доступ к складу с готовыми изделиями и знает, что можно взять оттуда, а что нужно изготовить.
- Производство занимается непосредственно изготовлением или сборкой изделий.
- Отдел закупок отвечает за выдачу материалов производству.
- Рынок закупок занимается поиском и покупкой сырья для производимой продукции.
- Отдел финансов принимает все решения, касающиеся использования денежных ресурсов.



Рисунок. Схема расширенного предприятия

Представленная схема отображает только рассматриваемые в данной работе компоненты расширенного предприятия и связи между ними. Тем не менее, схема может быть дополнена другими элементами и новыми связями. Количество рассматриваемых компонентов отражает уровень моделирования, и при необходимости, каждый из них может быть представлен группой других компонентов с более высоким уровнем детализации.

Прототип данной многоагентной системы был реализован на языке программирования Java с использованием фреймворка JADE с соблюдением стандартов FIPA, поддерживающих совместимость между агентами [4]. Основной характеристикой многоагентной системы является то, что агенты взаимодействуют друг с другом посредством обмена сообщениями согласованного формата.

Такие сообщения содержат информацию об участниках общения, о структуре данных и сам заказ, записанный в текстовом формате. Заказ состоит из идентификатора, срока выполнения, стоимости заказа, а также списка изделий, в котором содержится информация о количестве, стоимости и материалах каждого заказанного изделия.

В результате выполнения работы была разработана многоагентная система, позволяющая смоделировать взаимодействие и обмен информацией между участниками расширенного предприятия. Выбранные методы реализации позволили создать гибкую систему, легко адаптирующуюся под изменения предприятия. В дальнейшем работа над проектом будет продолжена, в частности, планируется внедрение мобильных роботов и системы идентификации.

### Литература

1. H. M. J. Walters, Management and improvement of the extended enterprise, 1997 IEE Colloquium on Agile Manufacturing (Digest No. 1997/386), pp. 5/1-5/8.
2. B. Ezzeddine, B. Abdellatif, B. Mounir, An intelligent framework for the cooperation in the extended enterprise environment, 2011 4th International Conference on Logistics, pp. 379-384.
3. B. Ezzeddine, B. Abdellatif, A Multi-Agent, Semantic Web Service-based modeling for cooperation in the supply chain environment, 2012 International Conference on Complex Systems (ICCS). – Agadir, 2012. – pp. 1-6.
4. FIPA specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fipa.org/specifications/index.html>, своб.



**Халявин Алексей Михайлович**

Год рождения: 1996

Факультет низкотемпературной энергетики,  
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники,  
группа № W3460

Направление подготовки: 14.03.01 – Ядерная энергетика  
и теплофизика

e-mail: mama141272@yandex.ru

**УДК 536.6**

## **ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ**

**А.М. Халявин**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.В. Пилипенко**

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 зависят от динамических характеристик ПТП. И эта неопределенность тем выше, чем больше скорость измерения измеряемого параметра [1, 2, 3].

Сущность метода заключается в получении и использовании дифференциально–разностных моделей процессов теплопереноса в системе тел ПТП – объект исследования. В работе дано краткое описание, приведены примеры получения динамических характеристик и передаточной функции для ПТП в виде полуограниченного тела [5, 6].

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]:

$$\frac{d}{d\tau}\vec{T}(\tau) = F \cdot \vec{T}(\tau) + G \cdot \vec{U}(\tau), \quad (1)$$

где  $F$ ,  $G$  и  $H$  – матрицы обратной связи, управления и измерения соответственно;  $\vec{T}$  и  $\vec{U}$  – векторы состояния и управления.

Динамические характеристики определяем путём использования пакета программ MatLab при полученных матрицах  $F$ ,  $G$  и  $H$ . Для этого находим соответствующий код, подставляем численные значения указанных матриц и получаем переходную, импульсную, амплитудно– и фазочастотную характеристики, а также вид передаточной функции (рисунки 1, 2, 3).

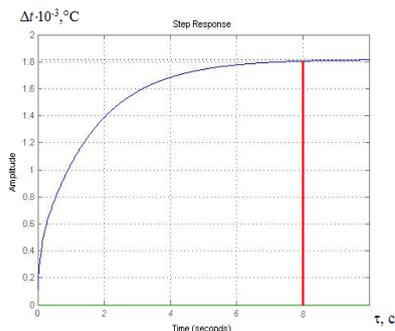


Рис. 1. Переходная характеристика ПТП

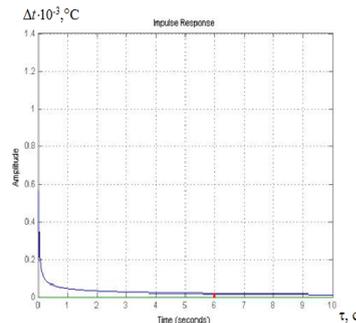


Рис. 2. Импульсная характеристика ПТП

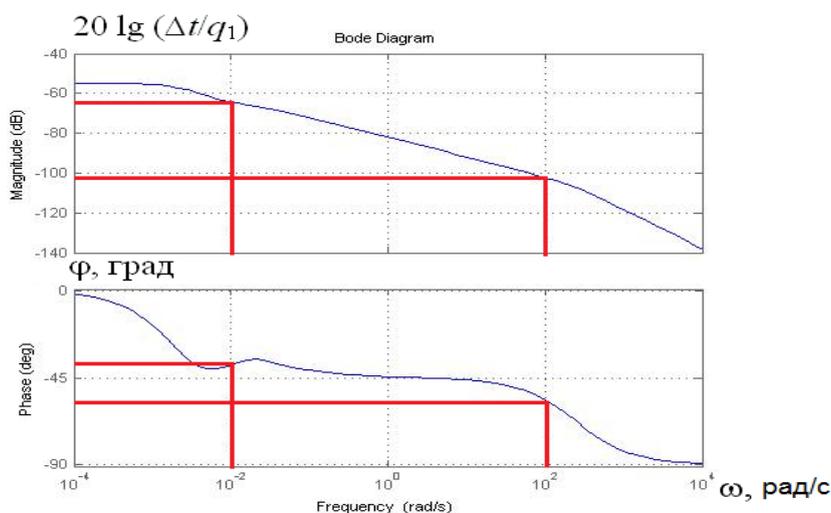


Рис. 3. Амплитудно– и фазочастотные характеристики ПТП

Отметим, что динамические характеристики полученные в среде MatLab при единичном тепловом воздействии, т.е.  $q_1 = 1 \text{ Вт/м}^2$  [5].

Общий вид передаточной функции  $W(s)$ , получен также при известных матрицах  $F$ ,  $G$  и  $H$  в среде MatLab:

$$W(s) = \frac{1.25 \cdot 10^{-3} \cdot s^{22} + 0.2444 \cdot s^{21} + 19.36 \cdot s^{20} + 826.6 \cdot s^{19} + 2.135 \cdot 10^4 \cdot s^{18} + 3.548 \cdot 10^5 \cdot s^{17} + 3.943 \cdot 10^6 \cdot s^{16} + 3.005 \cdot 10^7 \cdot s^{15} + 1.597 \cdot 10^8 \cdot s^{14} + 5.99 \cdot 10^8 \cdot s^{13} + 1.597 \cdot 10^9 \cdot s^{12} + 3.039 \cdot 10^9 \cdot s^{11} + 4.128 \cdot 10^9 \cdot s^{10} + \dots}{s^{23} + 243.4 s^{22} + 2.371 \cdot 10^4 \cdot s^{21} + 1.232 \cdot 10^6 \cdot s^{20} + 3.84 \cdot 10^7 \cdot s^{19} + 7.654 \cdot 10^8 \cdot s^{18} + 1.015 \cdot 10^{10} \cdot s^{17} + 9.183 \cdot 10^{10} \cdot s^{16} + 5.778 \cdot 10^{11} \cdot s^{15} + 2.56 \cdot 10^{12} \cdot s^{14} + 8.052 \cdot 10^{12} \cdot s^{13} + 1.807 \cdot 10^{13} \cdot s^{12} + 2.9 \cdot 10^{13} \cdot s^{11} + \dots}. \quad (2)$$

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 (Оренбург, 13 апреля 2016г.) -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.: Машиностроение, 1981.
4. Пилипенко Н. В. Сенсоры нестационарной теплотметрии 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 теплотметрии 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.



**Чалая Наталья Сергеевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра производственного менеджмента и трансфера технологий,  
группа № U3407

Направление подготовки: 38.03.62.02 – Управление  
технологическими инновациями

e-mail: nat.chalaya@gmail.com

**УДК 338.2**

**ОЦЕНКА КОСВЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА  
ОТ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ СУБСИДИЙ НА РАЗВИТИЕ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**Н.С. Чалая**

**Научный руководитель – д.э.н., профессор Г.П. Чудесова**

Государственное финансирование инновационных проектов всегда занимало особое место в инновационном развитии региона. Актуальность выбранной темы работы объясняется проблемой в грамотной оценке косвенного экономического эффекта от предоставления субсидий на инновационную деятельность. Сегодня существует множество методик и рекомендаций по оценке эффекта, но ни одна из них не позволяет в полной мере решить задачу. Существующие методики и рекомендации направлены на оценку экономического эффекта на стадии принятия решения и строительства, но не после его завершения.

Расходование государственных денежных средств предполагает эффективное их использование и видимый результат для экономики как региона, так и страны. Поэтому проблема по оценке косвенного экономического эффекта от предоставления целевых субсидий на инновационную деятельность Санкт-Петербурга стоит очень остро. Главным барьером перед решением данной проблемы является не полное понимание способов по оценке полученных результатов субсидирования.

Целью работы являлось выделить критерии оценки эффективности предоставления целевых субсидий на инновационную деятельность и составить методику оценки косвенного экономического эффекта.

В ходе работы были изучены нормативно-правовые документы, регулирующие выдачу целевых субсидий. Рассмотрена целевая программа Санкт-Петербурга «Развитие промышленности, инновационной деятельности и агропромышленного комплекса в Санкт-Петербурга». Данная программа направлена на комплексное развитие промышленного потенциала, повышение инновационной активности региона и обеспечение эффективного развитие агропромышленного комплекса региона. Особое внимание было уделено подпрограмме «Инновационное развитие Санкт-Петербурга». На основе годовых отчетов о реализации программы проанализирован объем выдачи субсидий и их использование. Также были проанализированы существующие методики оценки эффективности инвестиционных и инновационных проектов [1 – 5].

Объектом исследования были выбраны субсидии, выделяемые на деятельность АО «Технопарк Санкт-Петербурга». АО «Технопарк Санкт-Петербурга» является управляющей компанией, то оценивался косвенный экономический эффект от деятельности управляющей компании и компаний, пользующихся услугами АО «Технопарк Санкт-Петербурга».

Главной проблемой в ходе исследования являлось то, что все методики направлены на оценку эффективности проекта на стадии принятия решения вложения денежных средств. На основе анализа сформулированы формулы и методы измерения косвенного экономического эффекта.

Второй проблемой оказалась сложность в получении достоверной информации о результатах деятельности участников Технопарка Санкт-Петербурга. На сегодняшний день не существует какого-либо нормативно-правового документа, обязывающего участников предоставлять отчетность о своей деятельности. Поэтому следует разработать единый закон о технопарках, в котором был бы прописан параграф о раскрытии информации о деятельности резидентов, либо учесть данный параграф в договоре о сотрудничестве с технопарком.

Для будущих расчетов как прямого, так и косвенного экономического эффекта необходимо создать структурный отдел, отвечающий за оценку эффективности предприятия. Цель создания такого отдела – аккумулирование информации о результатах деятельности управляющей компании и резидентов входящих в технопарк; результатах проведения мероприятий; привлечении инвестиций; анализ последствий деятельности предприятия на смежные отрасли; расчет показателей приручаемых эффектов от получения государственных субсидий. Данный отдел мог бы решить существующую проблему в полной оценке экономического эффекта от предоставления целевых субсидий на инновационную деятельность региона.

В результате исследования результатов деятельности технопарка и его участников был определен косвенный экономический эффект в размере 4377,715 млн. руб. дополнительных налоговых платежей в бюджет региона в период с 2014 года по 2016 год. Общая прибыль технопарка и его участников составила 1,57% от общего объема ВРП в 2016 году. Более того, полученная прибыль превысила субсидии на 58595,751 млн. руб. в 2016 году.

Также, при оценке косвенного экономического эффекта от предоставления субсидий необходимо учитывать дополнительный эффект в смежных отраслях. Косвенным экономическим эффектом в смежных областях будет сокращение издержек предприятий, использующих разработки резидентов бизнес-инкубатора и компаний взаимодействующих с технопарком, увеличение прибыли предприятий, экономия от использования разработок, создание дополнительных рабочих мест и так далее. Косвенный эффект возникает именно в тех сферах, в которых работают компании технопарка.

Не мало важным являются мероприятия, организованные технопарком в рамках своей деятельности. Необходимо учитывать дополнительные доходы от проведения мероприятий. Дополнительные мероприятия влияют так же и на увеличение платежей коммунальных услуг, закупку товаров у поставщиков и прочих товаров и услуг.

Таким образом, предоставление Комитетом субсидий на инновационную деятельность Санкт-Петербурга имеют большое значение для развития региона, и отдача от субсидий приносит значительную выгоду для экономики Санкт-Петербурга.

## Литература

1. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 23.06.2014 № 495 «О Государственной программе «Развитие промышленности, инновационной деятельности и агропромышленного комплекса в Санкт-Петербурге» на 2015-2020 годы»
2. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 14.03.2017 N 139 (ред. от 20.06.2017) "Об утверждении Порядка предоставления в 2017 году субсидий акционерному обществу "Технопарк Санкт-Петербурга" на возмещение затрат по

- организации работ по созданию и обеспечению деятельности технопарка Санкт-Петербурга в сфере высоких технологий, в том числе инновационной инфраструктуры Санкт-Петербурга"
3. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) от 24 февраля 2009 г. N 58 г. Москва "Об утверждении Методики оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения"
  4. Исмаилова Г.В., Щемерова О.Г., Кельчевская Н.В. Инновационны менеджмент: учебное пособие – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 175 с.
  5. Крылов Э.И., Власова В.М., Варфоломеева В.А., Кучарина Е.А. Методологические вопросы оценки эффективности инновационно-инвестиционных проектов: колл. Монография. – СПб.: ГУАП, 2016 – 452 с.

**ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР  
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ  
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ БАКАЛАВРОВ**



**Алексеев Евгений Валентинович**

Год рождения: 1996

Факультет низкотемпературной энергетики,  
кафедра теплофизики и теоретических основ  
тепло-хладотехники,  
группа № W3462

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: evgeniialekseev1996@mail.ru

**УДК 536.21**

## **СТРУКТУРА И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОННО-АРМИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТОВ**

**Е.В. Алексеев**

**Научный руководитель – д.ф.м.н., профессор Ю.П. Заричняк**

Разработка аналитических методов прогнозирования и изучения теплофизических свойств композиционных материалов является частью крупной научно-технической проблемы по созданию материалов с заранее задаваемыми свойствами [1]. Волоконно-армированные полимерные композиционные материалы (ВАПКМ) представляют собой определенным образом плетеную структуру из нитей, связанную полимерной матрицей. Нити, моделированию которых посвящена данная работа, в свою очередь, состоят из множества скрученных между собой волокон. В аналогичных работах представлены расчетные формулы для теплопроводности в продольном [2] и поперечном [2, 3] направлении нитей. Для направления теплового потока вдоль волокна зависимость имеет линейный характер, такой же вид зависимости даёт представленная модель. Для поперечного волокна направления предлагается аналитическая формула с поправочными коэффициентами [2] и варианты расчета теплопроводности пучков цилиндров в квадратной и треугольной кладках с форм-факторами решетки [3]. В данной работе предлагается еще один, более простой, метод расчета свойств обобщенной проводимости ВАПКМ, отличающийся отсутствием поправочных коэффициентов и трудно вычисляемых форм-факторов для поперечного направления потока.

Рассмотрим структуру нити в поперечном разрезе с хаотически расположенными волокнами (филаментами) различного диаметра сечения. Перейдем к квадратному сечению нити, чтобы появилась возможность выделения элементарной ячейки (рис. 1).

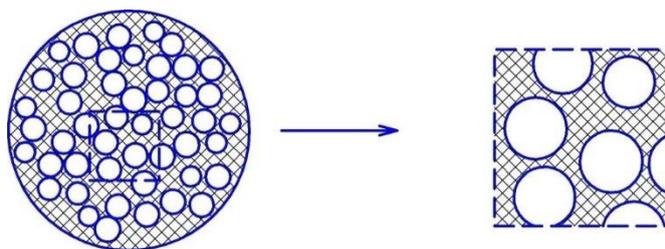


Рис. 1. Схематическое изображение структуры нити в поперечном сечении

Сведем произвольный диаметр волокон к усредненному и приведем систему от хаоса к порядку (рис. 2).

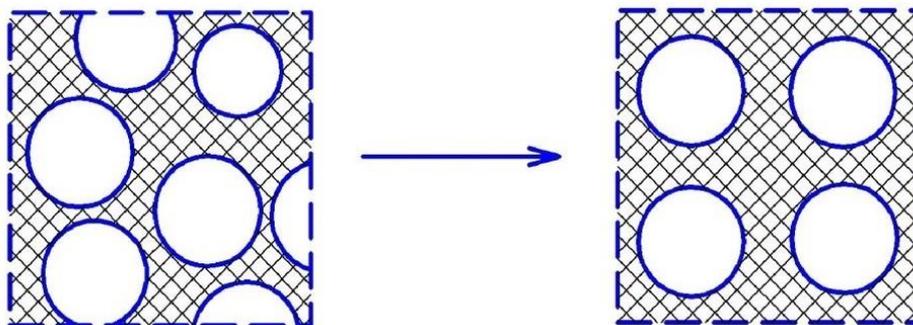


Рис. 2. Схематическое изображение структуры нити, приведенной от хаотического расположения волокон к упорядоченному

Далее для упрощения расчетов изменим форму сечения волокна на квадратную при условии сохранения объемной концентрации (рис. 3).

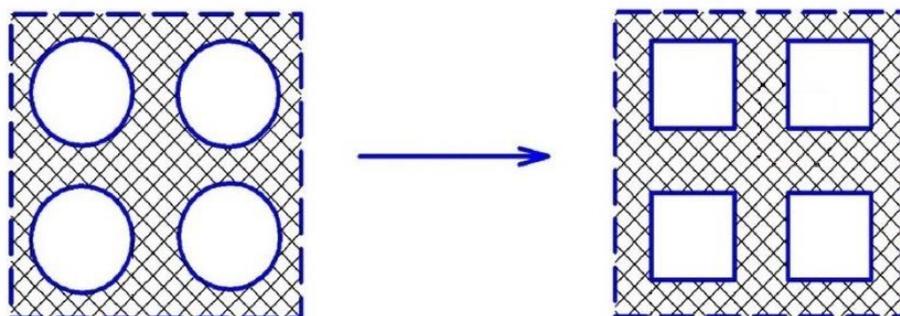


Рис. 3. Схематическое изображение перехода к упрощенной форме сечения волокна

Для такой модели выделяем элементарную ячейку, как  $\frac{1}{4}$  структуры, изображенной на рис. 3. Эффективная проводимость такой ячейки должна равняться эффективной проводимости структуры нити. Характер линий тока тепла будет заменяться на прямолинейный, что позволит использовать вспомогательные адиабатические и изотермические плоскости разбиения. Для каждой области элементарной ячейки записываются выражения для тепловых сопротивлений, составляется формула для полного значения теплового сопротивления. Сопоставляя её с общим тепловым сопротивлением ячейки, выражаем коэффициент эффективной теплопроводности ячейки в определенном направлении.

Теплопроводность нити в продольном направлении:

$$\lambda_{\uparrow} = \lambda_2 \cdot [V_1 \cdot (\nu - 1) + 1], \quad (1)$$

где  $\lambda_2$  – теплопроводность матричного компонента,  $V_1$  – объемное содержание волокон,  $\nu$  – отношение теплопроводности волокна к теплопроводности матрицы.

Теплопроводность нити в поперечном направлении:

$$\lambda_{\perp\text{адиабатн}} = \lambda_2 \cdot \left[ \frac{V_1 \cdot (v-1) + V_1^{\frac{1}{2}} \cdot (1-v) + v}{V_1^{\frac{1}{2}} \cdot (1-v) + v} \right]. \quad (2)$$

$$\lambda_{\perp\text{изотерм}} = \lambda_2 \cdot \left[ \frac{V_1^{\frac{1}{2}} \cdot (v-1) + 1}{V_1 \cdot (1-v) + V_1^{\frac{1}{2}} \cdot (v-1) + 1} \right]. \quad (3)$$

Изменение способа разбиения элементарной ячейки приводит к иному виду функциональной зависимости и при расчете дает отличающиеся численные значения эффективной теплопроводности.

Как показано в [1] выше рассмотренные варианты моделирования показывают приближенные заниженные (разбиение адиабатами, параллельными потоку) и завышенные (разбиение комбинацией изотерм и адиабат) значения эффективной теплопроводности по сравнению с численными методами расчета. Поэтому для получения значений эффективной теплопроводности, максимально приближенным к истинным, рекомендуется использование среднего арифметического значения результатов адиабатного и изотермического с адиабатным разбиением элементарной ячейки:

$$\lambda_{\perp} = \frac{(\lambda_{\perp\text{изотерм}} + \lambda_{\perp\text{адиабатн}})}{2}. \quad (4)$$

Таким образом, аналитические соотношения и методика расчета могут быть использованы для оценки эффективной теплопроводности основного компонента композиционных материалов – композиционной нити в широком диапазоне изменения свойств матричного и армирующего компонентов и их объемной концентрации.

### Литература

1. Г.Н. Дульнев, Ю.П. Заричняк. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. Л., «Энергия», 1974.
2. Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Научные основы и технологии, 2010.
3. В.С. Федотовский, А.И. Орлов. Эффективная теплопроводность анизотропных дисперсных сред, стержневых и трубных пучков. ГНЦ РФ, Физико-энергетический институт, г. Обнинск.



**Артемьева Ирина Александровна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики  
группа № V3416

Направление подготовки: 09.03.03 – Прикладная информатика

e-mail: irina-pluralia@rambler.ru

**УДК: 681.513.66**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ  
КВАЗИГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЛИНЕЙНОГО АДАПТИВНОГО СУММАТОРА**

**И.А. Артемьева**

**Научный руководитель – д.т.н., проф. И.П. Гуров**

Работа выполнена в рамках темы НИР №17613 «Разработка передовых технологий бесконтактного контроля объектов на основе регистрации и обработки последовательности видеокадров»

Периодические процессы, определяемые гармоническими функциями, имеют широкое распространение, и во многих случаях требуется оценивать параметры гармонического сигнала. При заданной частоте сигнала искомыми параметрами являются амплитуда и начальная фаза сигнала.

Известны различные методы определения этих параметров, такие как амплитудное детектирование с фильтрацией нижних частот [1], синхронное детектирование для определения начальной фазы сигнала [2] и другие. Особенность перечисленных методов состоит в том, что для получения высокой точности определения параметров сигнала требуется зарегистрировать реализацию достаточно большой протяженности (не менее одного полного периода, предпочтительно несколько периодов сигнала), что ограничивает возможности динамического определения параметров. Данный недостаток преодолевается при использовании фильтрации параметров сигнала в пространстве состояний, например, с помощью фильтра Калмана [3]. Однако при этом требуется априорная информация о ковариационной матрице отклонений параметров и дисперсии шума, что в ряде случаев является ограничением данного подхода.

Цель данной работы состоит в исследовании метода определения параметров гармонического сигнала при обработке последовательности отсчетов, свободного от вышеперечисленных недостатков, при фильтрации сигнала с адаптивно подстраиваемыми весовыми коэффициентами фильтра.

Рассматриваемый метод основывается на использовании линейного адаптивного сумматора [4] применительно к последовательности дискретных отсчетов входного сигнала  $s$  с набором регулируемых весовых коэффициентов  $w$  при формировании выходного сигнала  $y$ . Вектор весовых коэффициентов зависит от выходного сигнала и подстраивается по критерию минимума отклонения значений сигнала от заданного опорного сигнала  $d$ .

Нередко гармонический сигнал имеет ненулевую постоянную составляющую, поэтому имеются три неизвестных параметра: амплитуда, фаза и постоянная составляющая (фон). Для нахождения каждого параметра необходимы минимум три независимых значения функции, поэтому фильтр должен содержать три коэффициента  $w_1, w_2, w_3$ .

Регистрируемые значения сигнала с весовыми коэффициентами сравниваются с заданным опорным сигналом, и используется критерий минимума сигнала ошибки для подстройки весовых коэффициентов с минимизацией среднего квадратичного отклонения от опорного сигнала. Полученные значения весовых коэффициентов  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  позволяют вычислить амплитуду сигнала, постоянную составляющую, а также значение фазы и фазовый сдвиг.

Результаты проведенных исследований показывают, что применение метода адаптивной цифровой обработки последовательности отсчетов квазигармонического сигнала в условиях воздействия шума позволяет получить оценки параметров сигнала в динамическом режиме при малом количестве (но не менее пяти) дискретных отсчетов. Также было выяснено, что погрешности определения амплитуды, постоянной составляющей, начальной фазы весьма малы при отсутствии шума и отклонений и несут существенны при отношении сигнала к шуму  $\eta > 10$ . Что касается погрешности определения фазового сдвига, она весьма мала при постоянном фазовом сдвиге и приемлема при небольшом (5%) случайном отклонении фазового сдвига на каждом шаге.

При сравнении представленного алгоритма с пятишаговым алгоритмом Швидера-Харихарана [5], было выяснено, что адаптивный алгоритм даёт схожую по значениям погрешность под влиянием случайного отклонения фазового сдвига. При этом алгоритм Швидера-Харихарана неспособен работать при других фазовых сдвигах, а адаптивный – продолжает обеспечивать достаточно высокую точность. Таким образом, возможность определения начальной фазы при неизвестном фазовом сдвиге – одно из преимуществ адаптивного алгоритма.

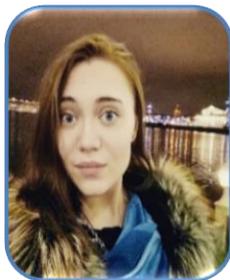
Другое, принципиальное преимущество адаптивного алгоритма состоит в возможности получать развёрнутую фазу без использования сторонних алгоритмов. Адаптивный линейный сумматор способен работать с произвольным опорным сигналом, по отношению к которому определяются параметры входного сигнала. В частности, для сигнала каждого пикселя возможно установить в качестве опорного сигнал соседнего пикселя и определить разность фаз сигналов в соседних пикселях. Затем в результате интегрирования в горизонтальном и вертикальном направлениях и суммирования полученных значений восстанавливается развернутая фаза волнового фронта.

Результаты исследования предлагаемой модификации адаптивного метода для получения развёрнутой фазы показали погрешность порядка сотых долей радиана. Проведены исследования работы адаптивного алгоритма на реальных интерферограммах, где были получены хорошие результаты.

Общий вывод можно сделать следующий: алгоритм успешно справляется с различными видами пространственного распределения значений фазы, а также положительно показал себя на реальных интерферограммах, что говорит о стабильности его работы, а, значит, возможности использования при решении реальных задач.

### Литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб: БХВ-Санкт-Петербург, 2011. С. 512.
2. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М.: Мир, 1983. Т.2. С. 6.
3. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. Минск: Вышэйшая школа, 1988. С. 105.
4. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1989.
5. J. Schwider, R. Burow, K.-E. Elssner, J. Grzanna, R. Spolaczyk, K. Merkel. "Digital wavefront measuring interferometry: some systematic error sources", 1983.



**Башмакова Ксения Владимировна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра финансового менеджмента и аудита,  
группа № U3424

Направление обучения: 38.03.02 – Логистика

e-mail: kess1108@gmail.com

**УДК 658.7**

## **ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**К.В. Башмакова**

**Научный руководитель – ст. преподаватель Е.И. Алексашкина**

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».

Стратегия управления закупочной деятельностью материально-технических ресурсов становится высокоэффективным инструментом для компании, который способен обеспечить ее конкурентоспособность и рассматривается как совокупность мероприятий по комплексному обеспечению функционирования предприятия в соответствии с имеющимися условиями рынка. Планирование и управление закупками является важным элементом снабжения на предприятии. С каждым годом придумывают все новые и новые технологии для снабжения материально-техническими ресурсами (МТР), поэтому следует постоянно разрабатывать и оптимизировать данный процесс и методы для эффективного функционирования предприятия на рынке [1, 2].

Планирование и управление закупками МТР предлагается на примере компании ООО «Лиман-трейд» расположенной в Санкт-Петербурге и предоставляет услуги инжиниринга в любой отрасли. Отдел закупок и логистики является одним из важных звеньев в структуре предприятия, так как через него проходят различные заказы.

Система закупок на предприятии ООО «Лиман-трейд» делится на два типа:

1. Закупки для перепродажи, непосредственное сотрудничество с отделом закупок;
2. Проектные закупки, данный вид закупок считается основным видом деятельности отдела закупок и логистики (рис. 1).



Рис. 1. Схема закупок в ООО «Лиман-трейд»

Источник: Составлено автором

Основную часть закупаемого сырья ООО «Лиман-трейд» приобретает у «Siemens», немецкой компании. Это связано с тем, что Siemens выступает основным официальным партнером компании (рис. 2) [5].



Рис. 2. Доля основных поставщиков в системах закупок  
Источник: Составлено автором

Каждая из систем имеет положительные и отрицательные (проблемные) стороны. В системе «закупок для перепродажи» существует проблема отсутствия базы данных поставщиков. Все менеджеры отвечают за свои продажи отдельных видов материалов, а значит владеют информацией только о части поставщиков. Как решение данной проблемы была создана база данных поставщиков, которая постоянно может пополняться. Представлена одна из частей таблицы для примера. Система поможет внести информацию о каждом поставщике и также сразу оценить их по группам продукции, которую каждый предоставляет (табл. 1).

Таблица 1

#### Балльно-рейтинговая система

Критерии	Вес	Siemens	Schneider	ABB	IEK
Потери при доставке	0,1	0,9	0,1	0,5	1
Ошибки при доставке	0,02	0,2	0,14	0,19	0,17
Безопасность доставки	0,04	0,388	0,32	0,34	0,39
Коэффициент качества	0,2	1,6	0,8	0,7	0,6
Коэффициент системы качества	0,1	1	1	1	1
Коэффициент цены	0,4	3,2	2,4	0,8	3,48
Своевременная доставка	0,1	0,9	0,8	0,6	0,9
Недоставка	0,01	0,098	0,05	0,07	0,10
Коэффициент замены	0,03	0,21	0,11	0,27	0,21
ВСЕГО:	1	8,50	5,72	4,47	7,85
ИТОГО:		21,00	14,22	14,72	19,60

Источник: Составлено автором

Создание базы данных для оценки поставщиков улучшит работу отдела продаж и всех систем закупок компании в целом. Она поможет избежать сотрудничества с поставщиками, имеющими высокий риск банкротства. Также она поможет сократить время выбора оптимального поставщика за счет различных критериев. За счет выбора по критерию «цена» возможно, снизить расходы на закупки.

Система «проектных закупок». Одна из главных проблем системы это отсутствие автоматизированной системы закупок, которая бы помогла решить ряд проблем, связанных со своевременным получением информации среди всех участников

проекта. Каждый имеет свою табличку в Excel, однако, когда кто-то вносит данные, в табличках других участников информация не обновляется. Поэтому возникают сдвиги в графиках начала проекта или на середине его реализации. Решить данную проблему можно подав заявку в компанию SAP для написания специального модуля. Для компании данный модуль обойдется в 10 000 евро [4]. Исходя из баланса компании, данный модуль окупится сразу. Эффективность мероприятия заключается в снижении затрат времени на обработку информации, так с 10-15 дней обработка снизится до 1 дня или нескольких часов (рис. 3).



Рис. 3. Схема поток информации при проектно-закупочном модуле  
Источник: Составлено автором

Третье мероприятие – это использование системы «АТИ» (АвтоТрансИнфо – портал для поставщиков и перевозчиков, более 200 000 участников). Из расчетов видно (табл. 2), что транспортные расходы с доставкой деловыми линиями вышли 5,1% от всей суммы, а с помощью системы АТИ они составили всего 2,5%, это говорит нам об экономии на 2%, для всего проекта или для перепродажи это хорошо скажется на имидже компании и привлечет большее количество клиентов. Также стоит учесть, что компания ООО «Лиман-трейд» среднее предприятие на рынке Санкт-Петербурга, то 2% экономии для такой компании является показательным [3].

Таблица 2

### Сравнение закупок

	Деловые линии	АТИ
Цена груза насосов 1 шт 13240 евро (евро)	39720	39720
Видеокамеры 1 шт – 500 евро (евро)	1500	1500
Сумма расходов на закупку всего оборудования	41220	41220
Брокерские услуги Германии, евро	450	450
Брокерские услуги России, евро	420	420
ТН ВЭД – 0%	0	0
Доставка до Эстонии - (DDP условия поставки)	0	0
Доставка от Ивангорода до Казани	1 613,60	752,82
Сумма на закупку оборудования для проекта	43 704	42 843

Источник: Составлено автором

Данные мероприятия помогут компании выйти на новый уровень. Оптимизировать и эффективно управлять закупочной деятельностью. Повыситься имидж компании, что привлечет новых компаний для дальнейшего сотрудничества.

### Литература

1. Клименкова А.И. Эффективное управление закупочной деятельностью / А.И. Клименкова // Актуальные проблемы управления: теория и практика: сб. статей. – Саратов, 2016. – с. 163-167.
2. Луганская А.Г. Интеллектуальное планирование системы закупок /А.Г. Луганская., В.С. Тынченко // Решетневские чтения: сб. статей. – Красноярск, 2014. – с. 152-153.
3. Середкин А.Н. Методика оценки поставщиков в системе управления сельскохозяйственными потребительскими кооперативами / А.Н. Сердкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – №2 (40). – С. 181–183.
4. SAP Ariba, автоматизация закупочной деятельности [Электронный ресурс] URL: <http://sap-ariba.ru/> (дата обращения 14.06.2018).
5. Официальный сайт компании ООО «Лиман-трейд» [Электронный ресурс] URL: <http://liman-trade.com/> (дата обращения 14.06.2018).



**Белозеров Дмитрий Алексеевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра интеллектуальных технологий в промышленной  
робототехнике,  
группа № Р3442

email: mityabelozеров@me.com

**УДК 004.896, 621.865**

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗАХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА**

**Д.А. Белозеров**

**Научный руководитель – к.т.н., ассистент С.М. Власов**

Работа выполнена в рамках инициативы компании ООО «Нева Технолоджи», с целью решения проблем адаптивной шлифовки судовых винтов и турбинных лопаток.

В рамках данной выпускной квалификационной работы была рассмотрена задача повышения точности позиционирования захвата робота с использованием обратной оптической связи, реализованной на базе лазерного трекера. В составе автономного роботизированного производственного модуля робот-манипулятор должен использовать сменный обрабатывающий инструмент: абразивные диски, шлифовальные ленты и полировальные круги. Также в составе модуля присутствует высокоточный лазерный сканер, который способен с точностью до одной сотой миллиметра измерять координаты точек поверхности объекта, предназначенного для финишного этапа механической обработки. Поступающая заготовка судового винта или турбинной лопатки после предварительного этапа фрезерной обработки имеет различный припуск на разных частях своей поверхности. Первичное сканирование поверхности заготовки с последующим сравнением с математической моделью конечного изделия позволяет определить какую толщину металла нужно удалить с каждого участка поверхности. Специализированная управляющая программа способна выбрать инструмент обработки и для каждого участка поверхности нормировать усилие прижима инструмента и время обработки. После завершения цикла обработки заготовки одним инструментом выполняется повторное сканирование частично обработанной формы заготовки и вновь программа утверждает выбор обрабатывающего инструмента и назначает режимы (усилие и время) следующего этапа обработки. Реализация описанного подхода невозможна, с использованием только высокой повторяемости робота, необходимо еще точно позиционировать захват робота в некой системе координат.

Данная исследовательская работа посвящена именно повышению точности позиционирования робота-манипулятора в пределах его рабочей зоны. Логично предположить, что точность позиционирования захвата усовершенствованной системы «робот-манипулятор + лазерный трекер» будет в большей степени определяться точностью измерений 3D координат, достигаемой лазерным трекером. Согласно паспортным данным точность (максимально допустимая ошибка) лазерного трекера API Omnitrac2 составляет величину не хуже 15 мкм + 5 мкм/м. С другой стороны, паспортные данные повторяемости позиционирования робота упомянутой модели

составляют 30 мкм. Этот параметр был практически подтвержден в настоящей работе. Поэтому предполагаемое значение точности позиционирования усовершенствованной системы должно находиться между упомянутыми величинами 15 мкм и 30 мкм.

Для понимания уровня существующей проблемы был проведен анализ существующей точности робота-манипулятора Fanuc ArcMate-100iC/12, управляемого только собственным контроллером. Исследование было выполнено на базе 111 точек (рис. 1), равномерно расположенных по всему рабочему пространству робота.

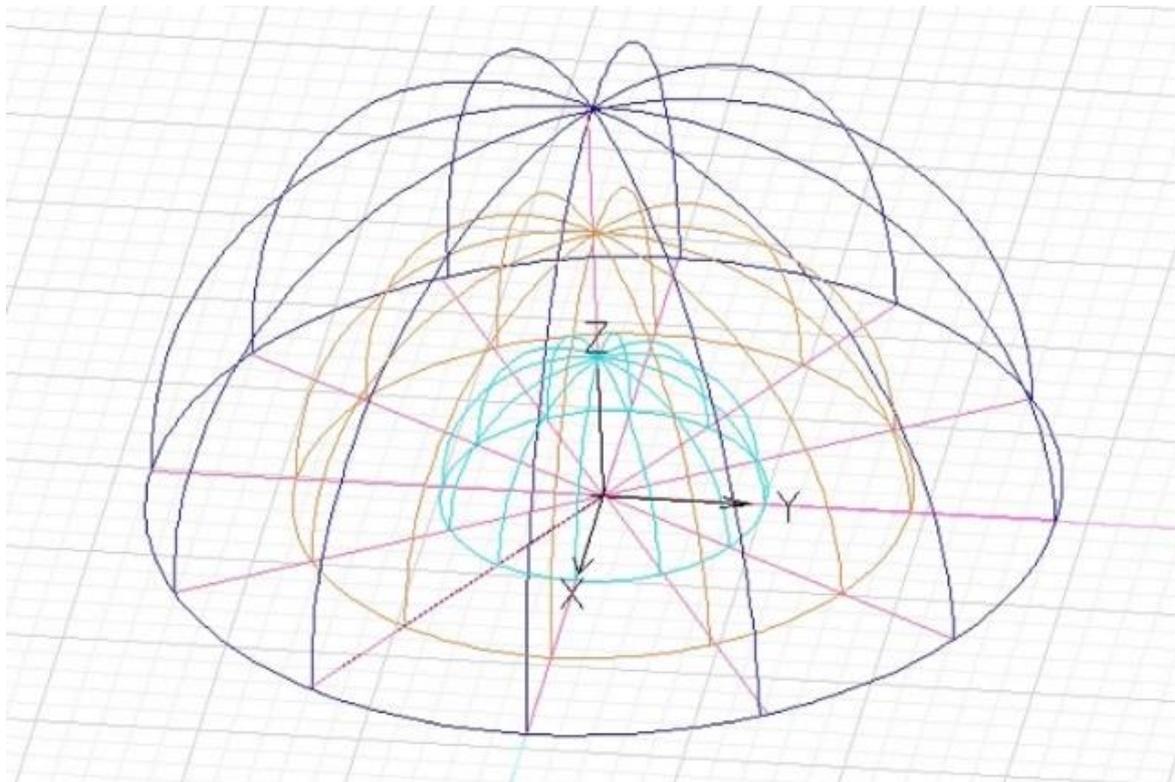


Рис. 1. Анализ существующей точности робота-манипулятора Fanuc ArcMate-100iC/12

В результате исследования было показано, что средняя величина объемной ошибки составила 1,15 мм, что близко к четверти (0,24%) процента от среднего радиуса рабочей зоны. Главной задачей автора в данной работе является создание единой системы из робота-манипулятора и лазерного трекера для возможности вынесения уточняющих поправок в пространственное положение захвата. Для решения этой задачи необходимо подключиться к интерфейсу робота-манипулятора и к интерфейсу лазерного трекера. Получить информацию о положении захвата с трекера и с контроллера робота-манипулятора, рассчитать необходимую поправку и передать это значение на контроллер робота для уточняющего воздействия. В рамках данной работы такая система была создана путем коммуникации контроллеров робота и лазерного трекера и написанием общей управляющей программы, выполняющей функции диспетчера [1 – 3].

Исследование достигаемой точности позиционирования усовершенствованной системы было проведено на базе 5 точек. Сравнение полученных данных отклонения робота с обратной связью со средней ошибкой стандартного робота показало, что объемная ошибка за одну итерацию уточнения позиции уменьшится более, чем в 40 раз (с 1,15 мм до 0,028 мм) и более чем в 80 раз (с 1,15 мм до 0,014 мм) за две итерации. (рис. 2).

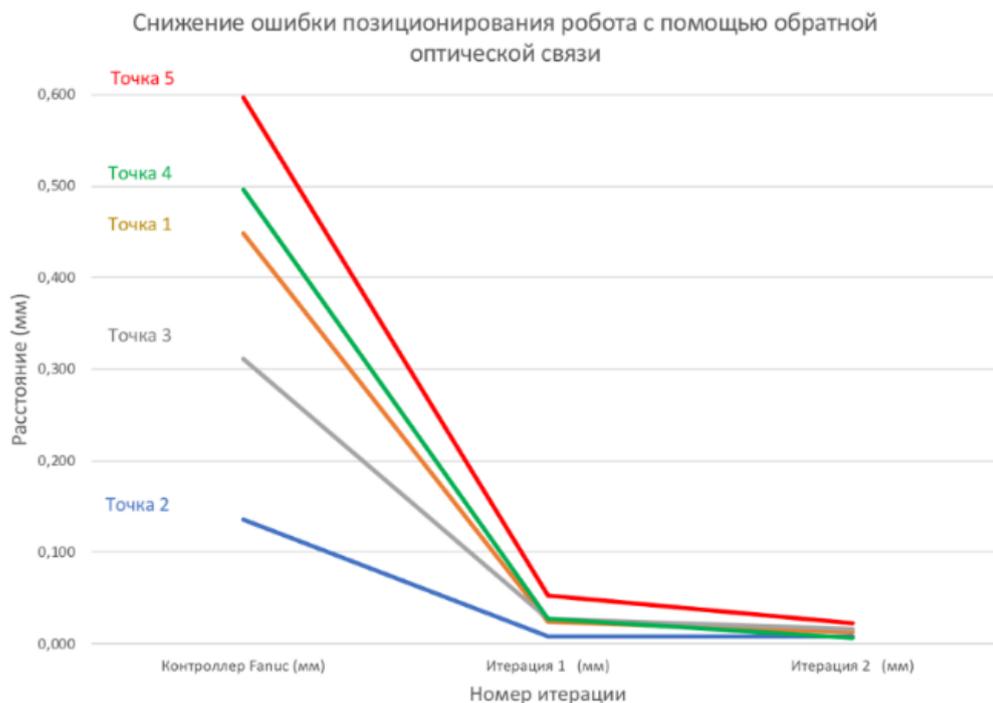


Рис. 2. Сравнение полученных данных отклонения робота с обратной связью со средней ошибкой стандартного робота

Полученные в этой работе результаты, открывают перспективу для новых исследований и новых возможных применений роботизированных систем. Выполненное исследование точности позиционирования системы «робот-трекер» в настоящей работе, по сути, является результатом статических испытаний. Крайне важно провести похожие исследования для анализа параметров точности динамического позиционирования робота-манипулятора в комплексе с ожидаемым понижением скорости его работы. Поэтому во время следующего этапа работы необходимо изучить динамические параметры робота с обратной связью и постараться уменьшить затраты времени на уточнение позиции робота до уровня, приемлемого для выполнения производственных задач.

### Литература

1. Liu B. и др. A rapid coordinate transformation method applied in industrial robot calibration based on characteristic line coincidence // *Sensors (Switzerland)*. - 2016. - Т. 16. - No 2.
2. Shi X. и др. An online real-time path compensation system for industrial robots based on laser tracker // *Int. J. Adv. Robot. Syst.* 2016. Т. 13. No 5. С. 1–14
3. Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. Robot modeling and control // *IEEE Control Syst.* - 2006. - Т. 26. - No 6. - С. 113–115.



**Бондарев Никита Сергеевич**

Год рождения: 1997

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра электротехники и прецизионных  
электромеханических систем,  
группа № Р3445

Направление подготовки: № 13.03.02 – Электроэнергетика  
и электротехника

e-mail: integernick@gmail.com

УДК 62–52

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГЕКСАКОПТЕРА

**Н.С. Бондарев**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Абдуллин**

В огромном многообразии разновидностей мультикоптеров набирает популярность вертолет с шестью винтами – гексакоптер – благодаря повышенной стабильности, надежности и большой грузоподъемности. Основной акцент работ, посвященных мультикоптерам, сделан на исследовании различных алгоритмов управления мехатронными системами. Однако несмотря на глубокое рассмотрение синтеза регулятора, влияние конечной динамики электроприводной части мехатронной системы часто оказывается неосвещенным, то есть подразумевается сколь угодно малое время переходного процесса скорости каждого из роторов мультикоптера. Более того, настройка системы управления гексакоптера становится часто эмпирическим и итеративным процессом, и в условиях использования реального физического объекта чревата поломкой дорогостоящего оборудования. В связи с этим возникает интерес к моделированию поведения гексакоптера с учётом динамики роторов и обеспечению быстрой и безопасной для оборудования настройки системы управления для дальнейшего применения к реальному объекту.

В данной работе были решены задачи создания аналитической модели, основанной на уравнениях Ньютона-Эйлера, и модели на основе сборки гексакоптера F550 фирмы DJI в САПР SolidWorks и пакета Simscape Multibody, более приближенной к реальному физическому объекту. Эта модель более детально описывает динамику гексакоптера, учитывает центробежные моменты инерции и динамику винтов. На основе линеаризованной математической модели гексакоптера были разработаны две системы стабилизации – на пропорционально-дифференциальных регуляторах и на линейно-квадратичном регуляторе. Работоспособность систем была проверена на полученных моделях (рис. 1).

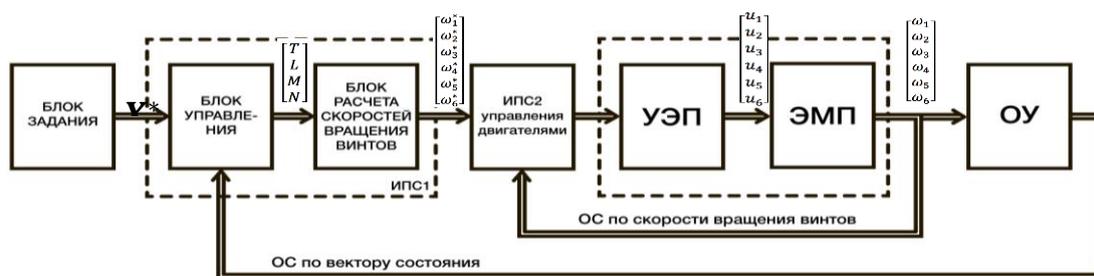


Рис. 1. Функциональная схема гексакоптера

Гексакоптер в некотором упрощении представляет собой твердое тело, симметричное по отношению к координатным плоскостям с несущими винтами, равноудаленными от центра масс, поэтому тензор инерции, пренебрегая инерцией легких пропеллеров, можно считать диагональной матрицей [1]. В стабилизированном положении каждые два соседних винта вращаются в противоположном направлении, что исключает вращающий момент, действующий по вертикальной оси гексакоптера [2].

В работе была предложена замкнутая система регулирования скоростей вращения винтов гексакоптера. Такая система, хотя и является более сложной для реализации, обеспечивает повышенную точность стабилизации в сравнении с разомкнутой системой и позволяет получить более стабильную работу гексакоптера.

Для описания пространственного положения гексакоптера были использованы углы Эйлера [1, 2]. В качестве вектора состояния системы были выбраны пространственные координаты положения центра масс гексакоптера, скорости их изменения, три угла Эйлера и компоненты вектора угловой скорости. В качестве вектора управления были выбраны суммарная тяга и три момента, действующие по собственным осям гексакоптера.

Для данной системы была произведена линеаризация методом касательных в точке, соответствующей стабилизированному положению гексакоптера. Для полученной линеаризованной модели были синтезированы две системы стабилизации.

В качестве первой стратегии управления был выбран ПД-регулятор. Рассогласования по высоте и углам Эйлера подаются на вход ПД-регуляторов во внешнем контуре, из выходов которых формируется вектор управления. Из заданного вектора управления вычисляются заданные значения скоростей вращения винтов гексакоптера, которые подаются на внутренний контур регулирования скоростей. Подчинённая система настроена на технический оптимум по высоте, крену, тангажу и рысканию.

В качестве второй системы управления было решено использовать управление по состоянию при помощи линейно-квадратичного регулятора [3]. Такой подход позволяет решить задачу стабилизации всего вектора состояния гексакоптера, то есть управлять дополнительно координатами X и Y с помощью тангажа и крена.

После эвристического подбора коэффициентов весовых матриц был произведен анализ работоспособности данного способа управления на аналитической модели и модели, основанной на трёхмерной сборке SolidWorks (рис. 2).

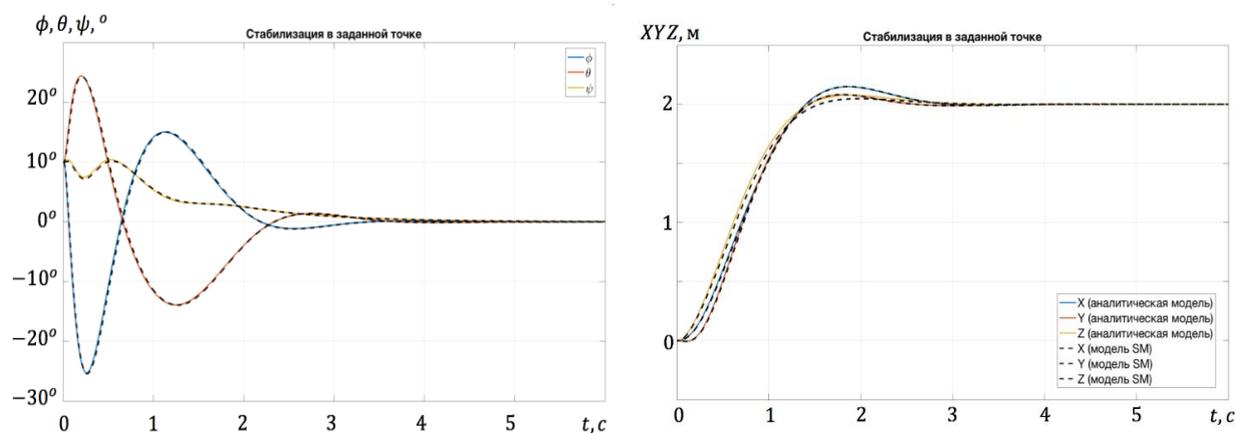


Рис. 2. Стабилизация координат и углов Эйлера гексакоптера

Исходя из результатов моделирования, можно говорить об успешной работе систем стабилизации гексакоптера с ПД-регулятором и линейно-квадратичным регулятором при учёте динамики двигателей и наличии внутреннего контура регулирования скоростей вращения винтов. Для проверки работоспособности методов управления в MATLAB/Simulink были разработаны две модели, первая, основанная на уравнениях Ньютона-Эйлера, вторая, использующая сборку SolidWorks и экспорт в пакет Simulink Simscape Multibody.

### Литература

1. T.S. Alderete Simulator aero model implementation, NASA Ames Research Center, Moffett Field, California. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf>
2. Radek Baránek, František Šolc Modelling and Control of a Hexa-copter, Department of Control and Instrumentation Brno University of Technology, Brno, Czech Republic. DOI: 111 10.1109/CarpathianCC.2012.6228609
3. Emre Can Suicmez Attitude and Altitude Tracking of Hexacopter via LQR with Integral Action, Aerospace Engineering Middle East Technical University Ankara, TURKEY. DOI: 10.1109/ICUAS.2017.7991327



**Борботько Виктория Александровна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника  
e-mail: vik35ale@yandex.ru

УДК 004.422.81: 658.512.4: 681.2

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

**В.А. Борботько**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев**

При проектировании технологических процессов изготовления деталей типа тел вращения необходим расчет промежуточных диаметральных размеров, выдерживаемых на всех этапах обработки. Одной из методик, на которой основывается расчет, является общепринятая методика профессора В.М. Кована. Однако она противоречит теории размерных цепей и вследствие чего имеет ряд недостатков. Это противоречие для случая наружных поверхностей вращения наглядно проиллюстрировано на рис. 1, на котором видно, что имеется припуск меньшей величины, чем минимальный припуск, рассчитанный по методу профессора Кована В.М., и соответственно припуск большей величины, чем максимальный припуск, рассчитанный тем же методом [1, 2]. Альтернативная методика расчета промежуточных диаметральных размеров и припусков, разработанная в Северо-Западном заочном техническом университете лишена подобных недостатков. Сравнительный анализ двух методик [2] позволяет сделать вывод, что альтернативная методика расчета в табличной форме является более целесообразной для использования в системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) с точки зрения простоты разработки соответствующих алгоритмов и программ, так как она не противоречит теории размерных цепей, позволяет отказаться от опытных и установочных партий при внедрении спроектированных ТП в производство, а также позволяет гарантировать отсутствие брака при изготовлении деталей.

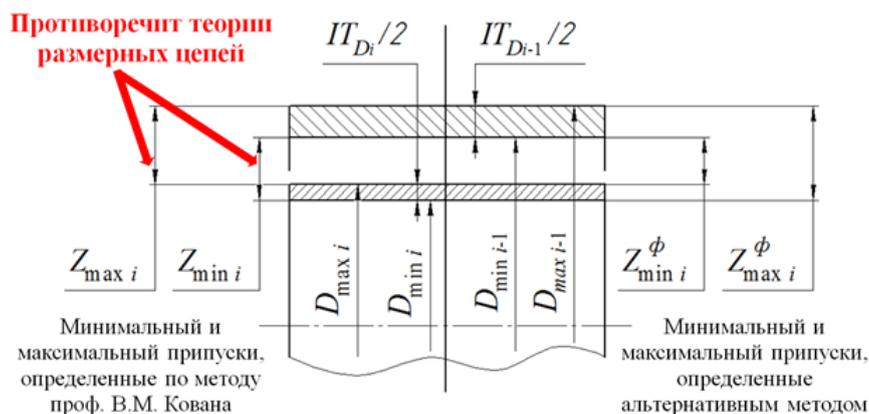


Рис. 1. Графическое представление припусков на обработку вала

Целью работы является разработка программы автоматизированного расчета промежуточных диаметральных размеров и припусков с использованием альтернативной методики. Для её достижения необходимо было решить такие задачи, как изучение альтернативной методики расчета, разработка общей структуры и структуры вкладок программы, также описание входных, промежуточных и выходных данных, реализация расчета и тестирование работы программы на конкретном примере технологического процесса.

Для проведения расчета необходимо заполнить входные данные на первой вкладке программы (рис. 2). Вкладка имеет динамическую таблицу, которая формируется после введения необходимого для расчета количества поверхностей. Далее вводятся известные номинальные значения и отклонения, при этом основное отклонение для валов всегда будет автоматически переводиться в нижний регистр, а для отверстий – в верхний.

После ввода отклонений автоматически вычисляется квалитет согласно государственному стандарту. В некоторых случаях это может быть межквалитетный результат, который представляется диапазоном. Также в таблице следует указать количество переходов в маршруте обработки без учета заготовки, и само наличие или отсутствие заготовительной операции при проведении расчета. Для удобства пользователя в таблице имеется столбец с информационными сообщениями, которые меняются в ходе ее заполнения.

№ чертежа: 1234564

Наименование детали: Фланец

Материал заготовки: Сталь

Вид заготовки: Штамповка

Масса заготовки (кг): свыше 0.25 до 4

Количество валов: 3

Количество отверстий: 2

Сгенерировать листы

Удалить листы

Распечатать таблицу

№	Тип элемента	Номинальный размер, мм	Основное отклонение	Квалитет	Верхн. откл.	Число состояний элемента (без учета заготовки)	Наличие эл. в заготовке	Общее число состояний элемента	Информационное сообщение
					Нижн. откл.		1 или 0		
1	Вал	Ø 80	h	8	0 -0,046	3	1	4	Все данные успешно заполнены
2	Вал	Ø 80	h	12	0 -0,3	2	1	3	Все данные успешно заполнены
3	Вал	Ø 120	h	12	0 -0,35	2	1	3	Все данные успешно заполнены
4	Отверстие	Ø 50	H	14	0,62 0	1	1	2	Все данные успешно заполнены
5	Отверстие	Ø 60	H	9	0,074 0	2	1	3	Все данные успешно заполнены

Рис. 2. Пример работы программы (Входные данные)

После ввода всех входных данных генерируются расчетные листы (рис. 3). Столбец «Маршрут обработки элемента» имеет поля с выпадающим списком видов обработки, который изменяется в зависимости от того, на основе какого шаблона («Вал» или «Отверстие») сформирован расчетный лист. В столбцы «№ операции» и «Квалитет» следует заносить данные вручную. Введенные значения в этих столбцах будут влиять на расчет неравномерности припуска и на определение отклонений. В столбце, где нужно вводить значения округленного (принятого) диаметра, технолог также самостоятельно принимает решение, исходя из полученных результатов в столбце с расчетным диаметром. Результат расчета – это принятый диаметральный размер с предельными отклонениями и автоматически определяемые фактические припуски: минимальный и максимальный.

№ чертежа: 1234564						Наименование детали: Фланец					
№	Тип элемента	Номинальный размер, мм	Основное отклонение	Квалитет	Верхн. откл.	Характеристики заготовки					
					Нижн. откл.						
1	Вал	Ø 80	h	8	0	Материал: Сталь					
					-0,046	Масса (кг): свыше 0,25 до 4					
						Способ получения: Штамповка					

№	Маршрут обработки элемента	№ операции	Квалитет	Диаметр, мм		Отклонения	Составляющие припуска			Z <sub>расч</sub> min	Фактический припуск	
				Расч.	Округл.		RZ <sub>(i-1)</sub>	h <sub>(i-1)</sub>	e <sub>max(i)</sub>		Z <sup>φ</sup> <sub>(i)min</sub>	Z <sup>φ</sup> <sub>(i)max</sub>
1	Обтачивание получистовое	020	8	80	80	0 -0,046	0,032	0,03	0,099	0,161	0,19	0,323
2	Обтачивание чистовое	015	11	80,542	80,6	0 -0,22	0,1	0,1	0,053	0,253	0,265	0,81
3	Обтачивание черновое	015	14	81,976	82	0 -0,87	0,16	0,2	1,059	1,419	1,45	2,635
4	Штамповка	005	—	85,338	85,4	1 -0,5	—	—	—	—	—	—

Рис. 3. Пример результата расчета

Программа разработана в среде Microsoft Excel с использованием средств языка программирования VBA (Visual Basic for Applications), которые позволяют значительно автоматизировать расчет промежуточных диаметральных размеров и припусков на обработку при проектировании ТП.

В ходе реализации программы расчета промежуточных диаметральных размеров определены входные, промежуточные и выходные данные, поэтапно разработаны вкладки программы и подробно описана их структура, приведено описание функций и алгоритмов, реализованных в программе, программа протестирована на конкретном примере с описанием результата.

При этом возможно дальнейшее усовершенствование программы. Например, на текущий момент не автоматизировано определение отклонений заготовки, так как это задача достаточно трудоемкая и для её решения необходимо создание большого числа электронных таблиц.

Таким образом, разработка подобных автоматизированных систем необходима для повышения качества проектируемых технологий, упрощения работы технолога и сокращения затрат при проектировании ТП. Использование такого программного инструментария для решения технологических задач актуально в процессе учебной деятельности и на производстве.

### Литература

1. Валетов В.А., Помпеев К.П. – Технология приборостроения. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013 г. – 234 с.
2. Khalimonenko A.D., Pompeev K.P., Timofeev D.Y. Method of Calculating Intermediate Diametral Sizes and Allowances for Designing Technology of Manufacture of Details // Advances in Engineering Research - 2017, Vol. 133, pp. 312-317



**Бочарова Ольга Владимировна**

Год рождения: 1996

Факультет пищевых биотехнологий,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3430

e-mail: Olchek-good@list.ru

**УДК 637.1**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКА, ОБОГАЩЁННОГО ЛИПОСОМАЛЬНОЙ ФОРМОЙ КОЭНЗИМА Q10 (УБИХИНОНА)**

**О.В. Бочарова**

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

За последние несколько лет возросло количество случаев заболеваний органов желудочно–кишечного тракта и сердца у всех возрастных категорий граждан. Несомненно, данная тенденция связана с окружающей средой и агрессивным ритмом жизни, в которых находится человек. Поэтому необходимо проводить массовую профилактику населения, что возможно при создании пищевой промышленностью продуктов функционального назначения на основе вторичного молочного сырья, сочетающих в себе функции лекарственных средств и источников нутриентов, которые удовлетворяют следующим критериям: окупаемость, ресурсосбережение, востребованность потенциальным покупателем, диетические свойства, высокая биологическая ценность.

Чтобы создать подобные продукты целесообразно учитывать опыт фармакологической отрасли в липосомальной технологии. Для получения липосомальной формы убихинона применялись 2 метода: тепловой метод и метод дегидратации/регидратации, – наиболее пригодных для воспроизведения в лабораторных условиях, а также применяемых в промышленном масштабе в виду окупаемости и доступности. Оба метода основаны на взаимодействии между амфильной липидной и водной фракциями образованием бислоя – наиболее термодинамически устойчивой формы фосфолипидов и его дальнейшей самоагрегации с образованием липосом, при температуре окружающей среды выше температуры фазового перехода [1].

Полученные различными методами липосомальные эмульсии убихинона были исследованы в отношении фракционно–дисперсного состава посредством лазерной корреляционной спектроскопии на лазерном корреляционном спектрометре ЛКС–03 на протяжении 7 суток хранения. Между исследованиями образцы хранились при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$  без доступа света. Данные исследования представлены в табл. 1 и 2.

Из результатов исследования видно, что липосомальная эмульсия, полученная тепловым методом, более стабильна и в меньшей проявляет склонность к агрегации, перераспределению масс и оседанию частиц, нежели эмульсия, полученная методом дегидратации/регидратации, а также исключает использование органических растворителей [2]. Учитывая эти обстоятельства, для дальнейшего исследования применялся образец, полученный тепловым методом.

Липосомальная эмульсия вносилась в кисломолочную основу в количестве 5% от массы последней, что удовлетворяло 25% суточной потребности организма взрослого человека в коэнзиме Q10. Принципиально напиток разрабатывался на основе бифидобактерий в виду их непосредственного вклада в микрофлору кишечника. В виду

их низкой фосфатазной активности и полностью отсутствующей казеолитической, необходимо было использовать дополнительный питательный субстрат – морковный сок, что непосредственно сказалось на качестве сгустка.

Таблица 1

**Изменение фракционно – дисперсного состава липосомальной эмульсии коэнзима Q10  
полученной тепловым методом**

№ фракции	Средний диаметр, нм / (рассеяние света, %)		
	0 сутки	3 сутки	7 сутки
1	1284,36 (11,93)	23412,67 (18,10)	25586,72 (14,97)
2	479,96(67,45)	508,24 (68,51)	573,40 (67,09)
3	220,17(16,33)	138,20 (11,70)	191,26 (15,60)
4	49,13(3,42)	21,67 (1,69)	27,57 (2,34)

Таблица 2

**Изменение фракционно – дисперсного состава липосомальной эмульсии коэнзима Q10,  
полученной методом дегидратации/регидратации с гомогенизацией**

№ фракции	Средний диаметр, нм/ (рассеяние света, %)		
	0 сутки	3 сутки	7 сутки
1	2553,54 (38,11)	880,75 (45,54)	901,66 (12,18)
2	507,56 (39,37)	192,26 (44,09)	382,84 (59,65)
3	114,28 (21,16)	49,13 (10,36)	95,92 (26,32)
4	27,08 (1,36)	–	20,14 (1,84)

Таблица 3

**Рецептура кисломолочной основы**

Компонент исходной смеси	Вносимое количество, %
Пахта сухая	45
СОМ	45
Морковный сок	5
Закваска бифидобактерий	5

Готовый продукт был исследован в отношении органолептических рис. 1, тиксотропных рис. 2 и влагоудерживающих свойств.

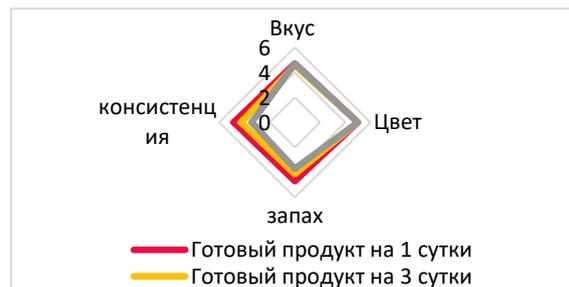


Рис. 1. Исследование органолептических свойств готового продукта

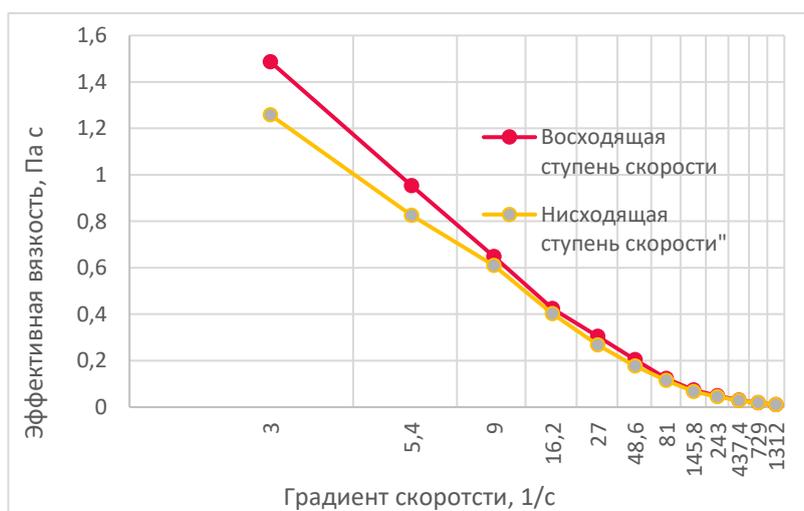


Рис. 2. Исследование тиксотропных свойств готового продукта

Процент отделяемой сыворотки при центрифугировании равен 52%. На 7 суток хранения готового продукта была проведена оптическая микроскопия на микроскопе МИКМЕД-1 при 1040кратной увеличении, что доказало наличие в готовом продукте липосомальных частиц.

В результате проведённых исследований было установлено, что вносимая липосомальная эмульсия не влияет на качество готового продукта, за исключением незначительного отделения сыворотки при хранении. Чтобы повысить качество сгустка целесообразно в дальнейшем подобрать кислотоустойчивые компоненты липосомальной мембраны и получить сухой липосомальный препарат, что позволит вносить последний до процесса сквашивания напитка и повысит влагоудерживающую способность сгустка. Принципиально использовать тепловой метод получения липосом, т.к. он наиболее безопасен для потенциального потребителя и не требует дополнительных мер контроля.

## Литература

1. Липосомальные наночастицы как носители лекарственных препаратов / А.Е. Шахмаев, И.В. Волчик, Ю.М. Краснопольский [и др.] // Фармаком. – 2011. 210 – 340
2. Liposomes: A Practical Approach. Second Edition. / Edited by V.P. Torchilink, V. Weissig/ Oxford: Oxford University Press. – 2003.



**Братчиков Степан Артемьевич**

Год рождения: 1997

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра электротехники и прецизионных  
электромеханических систем,  
группа № Р3445

Направление подготовки: № 13.03.02 – Электроэнергетика  
и электротехника

e-mail: Loross90@gmail.com

**УДК 62–52**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА**

**С.А. Братчиков**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Абдуллин**

Необходимость исследования и синтеза систем управления для сложных многозвенных объектов типа робот-манипулятор обусловлена увеличением использования их в производственных и бытовых целях. Теперь они становятся всё меньше и могут быть интегрированы в системы типа умный дом. В связи с увеличением их количества необходимо налаживать более массовый выпуск универсальных, систем управления данными объектами. Их разработка не должна отличаться трудоёмкостью и в тоже время системы управления должны быть точными, простыми в реализации и малочувствительными к изменяющимся параметрам объекта [1].

Рассматриваемый объект управления является нелинейной системой. Об этом можно судить при рассмотрении дифференциальных уравнений, описывающих динамику манипулятора, если представить его как два стержня, соединённых концами. Тогда уравнение, для первого стержня, одним концом присоединённым к первому основанию, а другим ко второму стержню:

$$J_1 \ddot{\alpha}_1 = M_1 - M_{12} - \frac{m_1 g l_1 \cos(\alpha_1)}{2} - m_2 g l_1 \cos(\alpha_1) - m_2 \frac{l_2}{2} \dot{\alpha}_2^2 l_1 \sin(\alpha_2) - K_v \dot{\alpha}_1.$$

В то же время дифференциальное уравнение, описывающее динамику второго стержня:

$$J_2 \ddot{\alpha} = M_{12} - \frac{m_2 g l_2}{2} \cos(\alpha_1 + \alpha_2) - m_2 \dot{\alpha}_1^2 l_1 \frac{l_2}{2} \sin(\alpha_2) - \ddot{\alpha}_1 l_1 m_2 \cos(\alpha_2) \frac{l_2}{2} - K_v \dot{\alpha}_2 [2].$$

Применив далее метод касательной линеаризации в рабочей точке, определяемой переменными состояния  $[\alpha_1 \alpha_2 \dot{\alpha}_1 \dot{\alpha}_2]^T$ , равными соответственно  $[\frac{\pi}{4} \frac{\pi}{3} 0 0]^T$  получены линейные дифференциальные уравнения, которые могут быть использованы для описания динамики манипулятора и синтеза линейных систем управления. В качестве вектора управления выбран  $[M_1 M_{12}]^T$ . В качестве принципа управления выбран метод модального управления с внутренней моделью, для обеспечения первого порядка астатизма в системе. Для достижения данной цели необходимо расширить вектор состояния системы в соответствии со следующими выражениями:

$$\begin{cases} \dot{Z}_1 = r_1 - \dot{\alpha}_1 \\ \dot{Z}_2 = r_2 - \dot{\alpha}_2 \end{cases}$$

что приводит к увеличению порядка системы до шестого и, соответственно, расширению матриц системы и управления. Идея метода модального управления представлена следующим выражением:  $U = -KX$  [3]. Таким образом посредством выбора матрицы  $K$  можно придавать системе желаемые динамические свойства в соответствии с собственными числами преобразённой матрицы системы  $A - B \times K$ . В качестве желаемого распределения корней выбраны корни характеристического полинома Баттерворта шестого порядка, увеличенные по модулю в 10 раз. Выбор обусловлен желанием добиться минимальной колебательности и перерегулирования. Применяв метод поиска надёжного распределения корней для многоканальных систем получены коэффициенты матрицы  $K$ .

Современные системы автоматического проектирования позволяют представлять разработанные трёхмерные модели в форме XML кода, который может быть расшифрован математическим пакетом Matlab и представлен в виде аналитической модели, удобной для исследования динамических свойств. Преимуществами данного метода являются наиболее детальный учёт массогабаритных показателей исследуемого механизма, а также сил, возникающих в результате движения тел друг относительно друга и визуализация процесса моделирования. В совокупности такие качества представленного метода позволяют разработчику систем управления ставить эксперименты на наиболее приближённых к реальным объектам моделях без риска поломки дорогостоящего оборудования [4].

В результате импорта XML кода разработанной в Solid Works трёхмерной модели робота манипулятора в Matlab и применения к ней линейной синтезированной системы управления получены графики переходных процессов отработки углов задания первого и второго звена механизма. Также система управления была применена к нелинейной математической модели манипулятора, представленной дифференциальными уравнениями первого и второго звена. В результате также получены графики переходных процессов отработки углов задания, представленные на рисунке вместе с графиками аналитической модели Simulink.

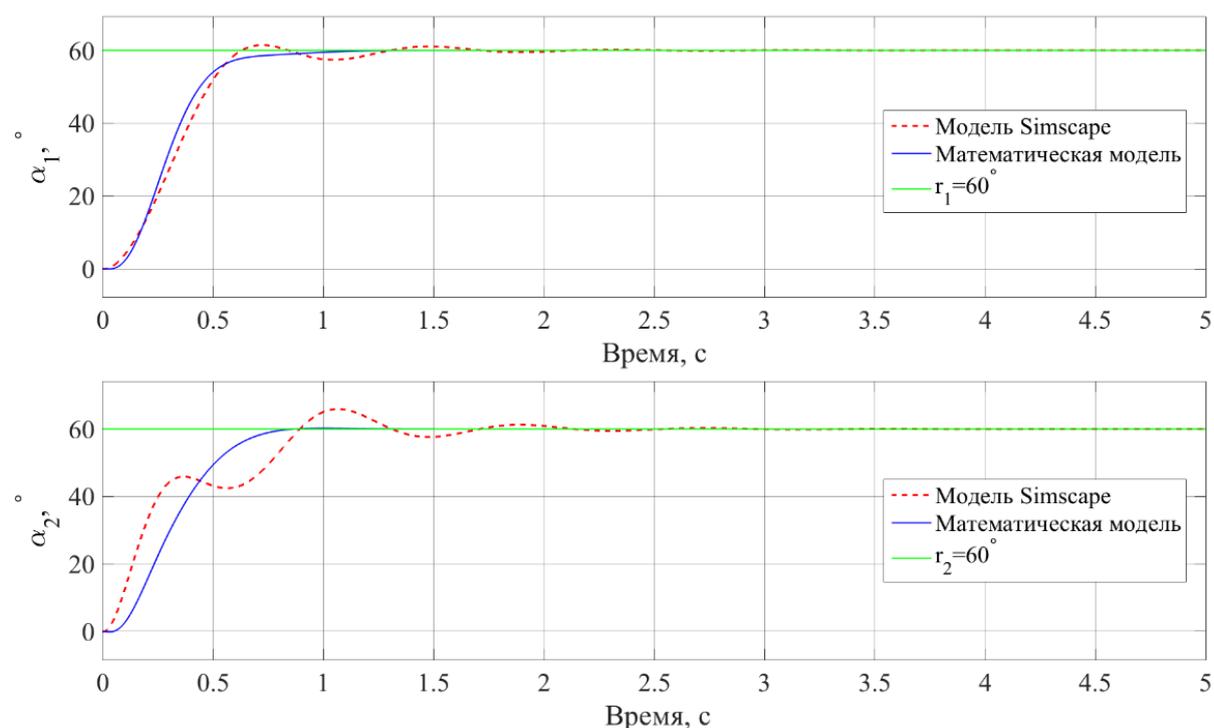


Рисунок. Графики переходных процессов

Различия в результатах моделирования объясняются более точным учётом геометрии тел сборки а также учётом большего количества сил инерции в модели Simulink. Однако синтезированная линейная система управления обеспечивает устойчивость нелинейных систем и, как ожидалось, обладает астатизмом первого порядка.

Преимуществом данного метода исследования объектов и синтеза систем управления ими является возможность не использовать реальные физические объекты в процессе разработок и не подвергать риску ни человеческие жизни, ни сохранность оборудования. Также описанный метод может быть использован в образовательных целях для обучения студентов методам синтеза систем управления на моделях, наиболее детально описывающих физические объекты.

### Литература

1. Мельников Н.В. Электромеханические и мехатронные элементы и устройства в системах управления для роботизированной автоматизации технологических процессов: диссертация, доктор технических наук (Москва: МГУС, 2004)
2. Richard M. Murray, Zexiang Li, S. Shankar Sastry. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation (CRC Press, 1994)
3. Абдуллин А.А. Разработка и исследование методов повышения точности следящих электроприводов с упругой нагрузкой: диссертация, кандидат техн. наук (Санкт-Петербург: СПбНИУ ИТМО, 2014)
4. Тихонов К.М., Тишков В.В. SimMechanics Matlab как средство моделирования динамики сложных авиационных робототехнических систем // [www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/). – 2010 – №. 41 / [Электронный ресурс]



**Бурков Никита Юрьевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника»

e-mail: nikitaburkov@yandex.ru

**УДК 681.5**

**РАЗРАБОТКА ВЕБ-СИСТЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПОДДЕРЖКОЙ  
ВНЕШНИХ ХРАНИЛИЩ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

**Н.Ю. Бурков**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент М.Я. Афанасьев**

Современное производство трудно представить без вспомогательных специализированных систем автоматизированного проектирования (САПР). Данные системы представляют собой комплексные программные решения, которые позволяют специалистам сокращать трудоемкость и себестоимость проектирования, повышать качество конечного изделия. САПР нашли применение во многих сферах. В частности, при проектировании печатных плат САПР активно применяются на различных этапах технологического процесса [1].

В свою очередь очевидна необходимость непрерывного развития технологии изготовления печатных плат, так как они являются важными составляющими множества электронных устройств: бытовых приборов, автомобильной электроники, медицинского оборудования, средств телекоммуникации, компьютеров, контрольных и измерительных приборов, военной техники, космической аппаратуры. Следовательно, важно и развитие систем, предназначенных для проектирования печатных плат (EDA).

Конечным результатом работы должны стать спроектированные система хранения электронных компонентов и система проектирования печатных плат. В виду сложности работы приложение для проектирования печатных плат содержит на текущий момент только модуль для работы с принципиальными схемами.

На рис. 1 изображена часть технологического процесса изготовления печатных плат. Проектирование печатной платы начинается с построения принципиальной схемы устройства, которая затем преобразуется в схему печатной платы. Она, в свою очередь, экспортируется в файл в специальном формате, на основе которого будет выполнена плата. Например, файл в формате Gerber используется установкой селективного отверждения фотополимеров для формирования дорожек платы. Данная установка разрабатывается на кафедре ТПС, и при разработке системы проектирования уделяется особое внимание к их взаимной совместимости. [2–5]

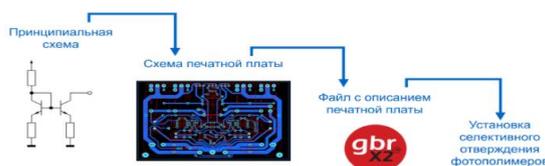


Рис. 1. Участие EDA в техпроцессе

В верхней части рис. 2 представлена распределенная система хранения, в нижней – система проектирования, запущенная в браузере. «Распределенная» означает, что отдельные хранилища могут быть развернуты на различных машинах и находиться в различных сетях: в Интернете, в локальной сети или на том же компьютере, за которым происходит работа с системой проектирования. Хранилище может быть реализовано самыми различными способами, а для хранения библиотек можно использовать как базы данных, так и напрямую файловую систему. Главное накладываемое ограничение – это необходимость использования одного и того же набора вызываемых методов (API) для взаимодействия систем хранения и проектирования.



Рис. 2. Взаимодействие систем хранения и проектирования

В результате выполнения работы была создана основа для построения веб-системы проектирования печатных плат. Создан редактор принципиальных схем с поддержкой экспорта и импорта данных (рис. 3). Редактор обладает простым интерфейсом и содержит полноценный набор функционала.

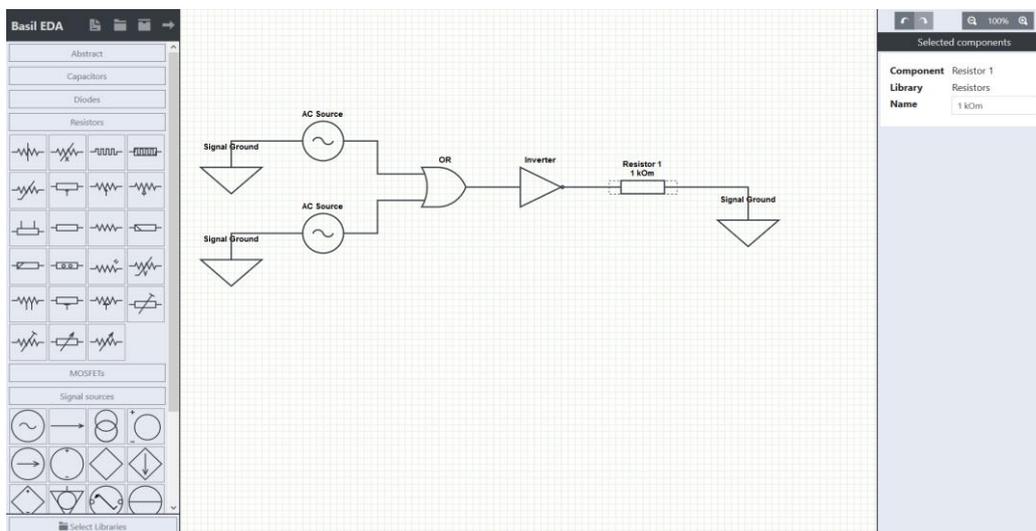


Рис. 3. Интерфейс системы проектирования

Работа над системой не закончена и будет продолжена в будущем. Элементы, которыми следует расширить систему:

- расширить редактор схем инструментами для рисования вспомогательных примитивных фигур;
- добавить следующие редакторы:
- редактор обозначений компонентов;
- редактор библиотек компонентов, для реализации которого потребуется расширенное API хранилища компонентов;
- редактор печатных плат;
- улучшить архитектуру приложения и применить ее в полной мере;
- протестировать участие разработанной системы в реальном технологическом процессе изготовления печатных плат.

### Литература

1. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.: ил.
2. Birnbaum, M. Essential Electronic Design Automation (EDA). – Prentice Hall PTR/Pearson Education, 2003. – 234 с.
3. Wang, L.T. and Chang, Y.W. and Cheng, K.T. Electronic Design Automation: Synthesis, Verification, and Test. – Elsevier Science, 2009. – 972 с.
4. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
5. Юрков Н. К. Технология производства электронных средств: Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 480 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).



**Быков Иван Павлович**

Год рождения: 1993

Мегафакультет компьютерных технологий и управления,  
Факультет безопасности информационных технологий,  
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,  
группа № 3464

Направление подготовки: 10.03.01 – Информационная  
безопасность.

e-mail: bukov123@yandex.ru

**УДК 004.77**

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИЩЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

**И.П. Быков.**

**Научный руководитель – старший преподаватель К.О. Ткачев**

Системы управления электроприводом находят применение в различных строительной и землеройной технике, в сельском и лесном хозяйстве – для подъемников, ворот, поворотных механизмов, транспортеров, погрузчиков, мешалок, дробилок, экструдеров, конвейеров и другого оборудования [1]. Системы защищенного удаленного управления электроприводом предназначены для ограничения доступа к различным объектам [2]. Они позволяют управлять одним или несколькими устройствами ограничения доступа (воротами, калитками, шлагбаумами). Достоинства данных систем: доступность на любом рынке, большое число производителей. Недостатки систем: радиус действия таких устройств ограничен дальностью распространения радиоволн и ограниченностью мощности передающих устройств, легко перехватывается и декодируется сигнал, контроль использования устройств ограничен. В работе предложено создать защищенную систему на основе мобильной телефонной связи, обеспечивающую шифрование сигнала и обязательную регистрацию всех пользователей системы, которая будет легко перестраиваться под любые задачи, реализуемые электроприводами.

Ввиду того, что разрабатываемая система должна обеспечить безопасную передачу команды по проводному и беспроводному каналам связи, потребуется их защита. В качестве канала беспроводной связи в системе защищенного удаленного управления электроприводом предлагается использование протокола SIP (протокол инициализации сеанса). Его выгодно отличают от других подобных протоколов простота, унификация, дешевизна разработки. SIP телефония имеет возможности совмещать все виды связи в одном интерфейсе. Одним из ключевых преимуществ SIP платформы является интегрируемость ее с программами, обеспечивающими автоматизацию. SIP-платформа позволяет объединить мобильную телефонию с VoIP каналами связи и софтфонами (software telephone, программный телефон), передающими голос в открытом или зашифрованном виде. В типичном применении сессии SIP — это потоки пакетов RTP (Real Time Transport Protocol, протокол передачи данных в реальном времени). RTP является непосредственным носителем голосовых и видеоданных. RTP определяет стандартный формат пакета для доставки звуковых и видеоданных по сети Интернет [3].

Функциональная схема предлагаемой защищенной системы управления электроприводом устройства ограничения представлена на рисунке.

Система защищенного удаленного управления электроприводом состоит из

учрежденческо-производственной автоматизированной телефонной станции (УПАТС), SIP- сервера, работающего совместно с УПАТС, каналов беспроводной связи, SIP-транков, двухпроводных телефонных линий, приложения, работающего под управлением ОС «Android», модернизированной платы переговорного устройства, блока управления, работающего совместно с платой переговорного устройства, электропривода.

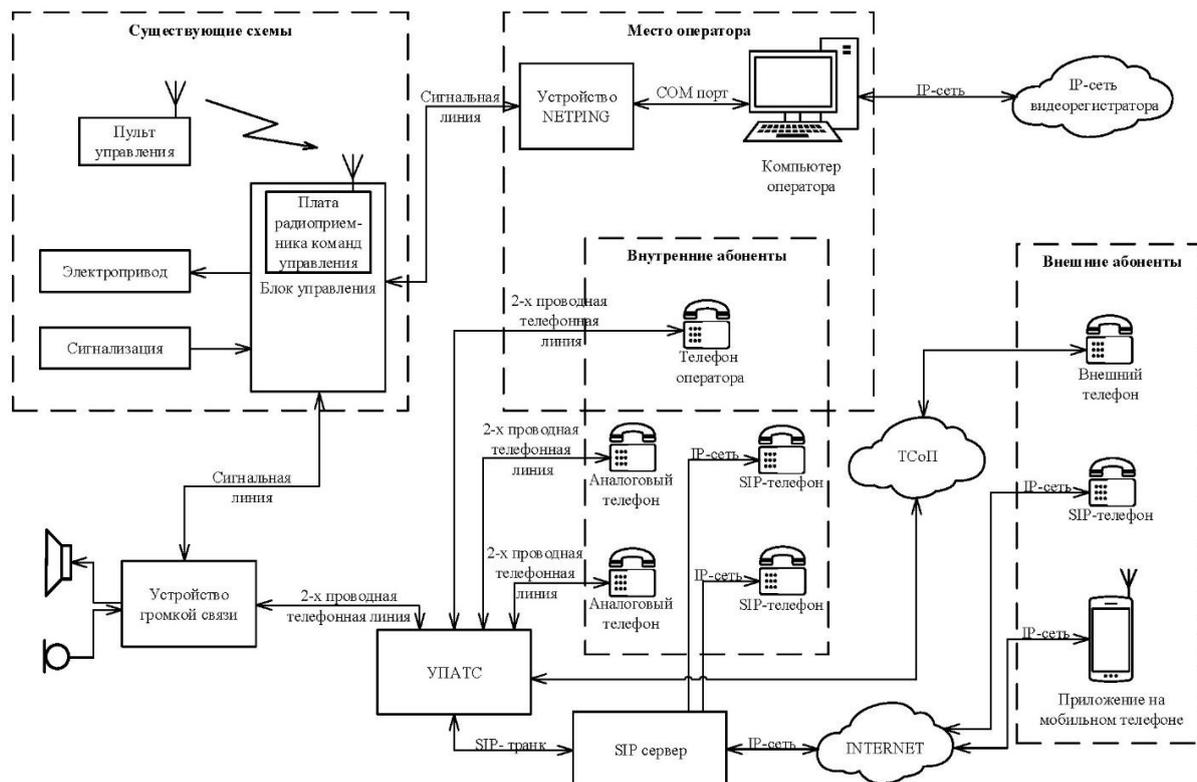


Рисунок. Функциональная схема предлагаемой системы защищенного управления электроприводом ворот

Модернизированная плата переговорного устройства устанавливается совместно с блоком управления. Она обеспечивает громкоговорящую связь, сигнализацию и управление электроприводом. На плату подводится двухпроводная аналоговая линия связи с УПАТС. На переговорном устройстве предусмотрена кнопка вызова оператора. Она обеспечивает: прием и обработку сигналов о нарушении целостности компонентов системы, прием и обработку сигнала о нарушении электропитания гермобокса, прием сигналов о нарушении температурного режима внутри гермобокса, формирование тоновых посылок сигнализации о состоянии системы и передачу их по звуковому каналу на объект ограничения доступа (через модуль управления громкой связью), декодирование тоновых посылок управления, пришедших с телефонной линии от пользователей системы удаленного защищенного управления электроприводом, отключение и включение динамиков переговорного устройства.

Все пользователи системы регистрируются на Sip-сервере. Он обеспечивает мониторинг и контроль.

Программная реализация для удаленного защищенного управления состоит из приложения для телефона, работающего под управлением операционной системы «Android» версии 5.0 и выше. Программа написана на языке программирования Java 8 и XML. Она обеспечивает: регистрацию пользователей на сервере, установления

защищенного соединения между пользователями и модернизированным переговорным устройством, формирование команд защищенного управления в виде тоновых посылок. В программной части предусмотрены настройки SIP. В разделе «Аудиокодеки» необходимо выбрать предпочитаемые элементы. Для звонков и защищенного управления через мобильную сеть 3G рекомендуется использовать SILK и G729. Для сигнального протокола SIP используется UDP порт 5060. Он передает информацию в открытом виде, поэтому, перехватив трафик, мы можем получить информацию о номерах и прослушать сам разговор. По этой причине необходимо использовать SIP по TLS, который будет шифровать сигнальные данные, используя порт 5061 TCP. При использовании TLS, злоумышленник получит информацию, которая касается протокола SIP в зашифрованном виде. Ставим галочку на TLS и прописываем порт в пункт меню «Безопасный протокол». Голос шифруется отдельно. Для этого используется SRTP. Поэтому на мобильном устройстве необходимо выбирать «Обязательно» в пункте меню «SRTP режим». TLS без SRTP использовать не имеет смысла, так как при использовании только TLS медиатрафик остается без шифрования. При использовании ZRTP (протокола согласования ключей шифрования) нужно учитывать, что SRTP и ZRTP не всегда совместимы и иногда желательно выбирать только один из них. Выбор ZRTP осуществляется включением режима «ZRTP mode».

В настоящей работе была спроектирована система удаленного защищенного управления электроприводом устройства ограничения доступа.

Основные результаты работы:

1. спроектирована функциональная схема системы удаленного защищенного управления электроприводом;
2. разработаны алгоритмы и функциональная схема модернизированного переговорного устройства;
3. разработано приложение для удаленного защищенного управления электроприводом.

Основным достоинством спроектированной системы является возможность удаленного управления электроприводом, защищенность канала связи в случае перехвата трафика, использование распространенных мобильных телефонов в качестве устройства управления, низкие требования к мобильному устройству при установке программы.

### Литература

1. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72285>. – Загл. с экрана.
2. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – Под ред. В.М.Терехова. 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
3. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа: в 2 т. – Москва: Радио и связь, 1999. – 316 с.



**Ванчуренков Константин Сергеевич**

Год рождения: 1994

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника и робототехника  
e-mail: waarfo@gmail.com

**УДК 004.588**

**РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА МЕХАТРОННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

**К.С. Ванчуренков**

**Научный руководитель – старший преподаватель Д.В. Куприянов**

Целью работы является разработка симулятора мехатронного образовательного комплекса с возможностью удалённого взаимодействия с ним. За основу был взят мехатронный комплекс MT.Evolute, выполненный в рамках ПОНИОКР №416038. Разработка симулятора была направлена на расширение возможностей мехатронного комплекса MT.Evolute и облегчение знакомства с ним. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Реализовать возможность собирать робота из различных частей.
- Реализовать подключение электронных компонентов робота к микроконтроллеру.
- Упростить программирование поведения робота.
- Реализовать возможность взаимодействия симулятора и мехатронного образовательного комплекса.

В ходе выполнения работы был проанализирован ряд известных робототехнических симуляторов разной направленности: Gazebo, Robotino, Marilou Robotics Studio, V-REP, Microsoft Robotics Developer Studio, Robot Virtual Worlds. И по итогу обзора был сформирован ряд требований к разрабатываемому симулятору: все возможности симулятора должны быть реализованы в рамках одного приложения; должен быть организован простой доступ к информации об используемых элементах симулятора; использование визуальных элементов при программировании поведения робота; возможность тестировать робота в разных условиях; работа с симулятором должна быть простой, но при этом давать представление о работе с реальным мехатронным образовательным комплексом; симулятор должен быть максимального доступным в плане распространения, чтобы любой пользователь бесплатно и беспрепятственно смог им воспользоваться.

Разработка симулятора велась с помощью программного обеспечения Unreal Engine 4. Оно было выбрано в следствии того, что Unreal Engine 4 бесплатен и обладает широкими возможностями в плане написания логики приложения, построения интерфейсов, симуляции физики, визуализации графики [1, 2]. Были выделены следующие основные компоненты, подлежащие разработке: конфигуратор, программатор, полигон. Каждый компонент отражает определенную стадию работы с роботом и имеет свой собственный интерфейс.

Компонент конфигуратор имеет два режима работы: режим сборки робота (А рис. 1), режим соединения электронных компонентов (Б, рис. 1). В основе режима сборки робота положен принцип модульности, этот же принцип используется и в самом мехатронном образовательном комплексе. Так же разработана система визуального контроля сборки робота, позволяющая пользователю легко определить сочетаемость

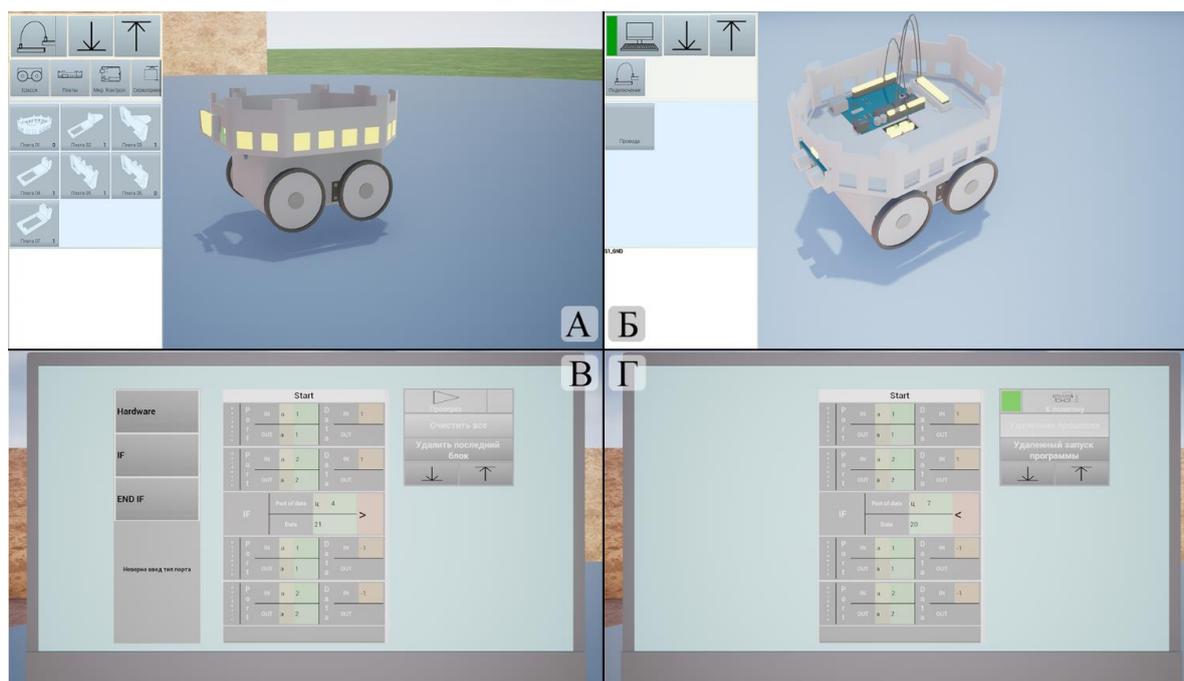


Рис. 1. Интерфейс компонентов конфигуратор и программатор

соединяемых деталей. Соединение электронных компонентов в симуляторе максимально приближено к процессам соединения этих компонентов в мехатронном комплексе. Но внедрены визуальные элементы, облегчающие работу пользователя в этом режиме. Компонент программатор, также имеет два режима работы: режим визуального программирования поведения робота (В рис. 1), режим удалённого переноса алгоритма поведения робота на реального робота (Г, рис. 1). Алгоритм поведения робота создаётся в первом режиме из визуальных элементов-блоков, в которые пользователь вводит данные необходимые для работы какого-либо электронного компонента, либо самого блока. Перенос алгоритма во втором режиме осуществляется за счет того, что в мехатронном комплексе установлен одноплатный компьютер Raspberry Pi, который принимает информацию от симулятора об использованных блоках и введённых в них данных и передает ее микроконтроллеру Arduino UNO.

Компонент полигон предназначен для тестирования робота, созданного пользователем. Для тестирования было создано четыре варианта окружения. Первое является стандартным, и представляет собой простую ровную поверхность (А, рис. 2). Остальные были созданы на основе реальных окружений, используемых в различных олимпиадах и соревнованиях: «Лабиринт» (Б, рис. 2) и «Следование по линии» (В, рис. 2) были взяты из всероссийской робототехнической олимпиады школьников, «Трасса» (Г, рис. 2) была взята из соревнований, проводимых в рамках международной конференции «Robotex International» [3 – 5].

Результатом проделанной работы является техническая реализация всех основных компонентов симулятора мехатронного образовательного комплекса, заявленных к разработке, с учетом требований, выявленных в ходе обзора аналогов. Уже в текущей стадии разработки можно сказать, что симулятор является органичным дополнением к мехатронному образовательному комплексу, который позволяет в отрыве от него получить представление и навыки о работе с ним, в тоже время, при наличии этого мехатронного комплекса, симулятор расширяет его возможности.

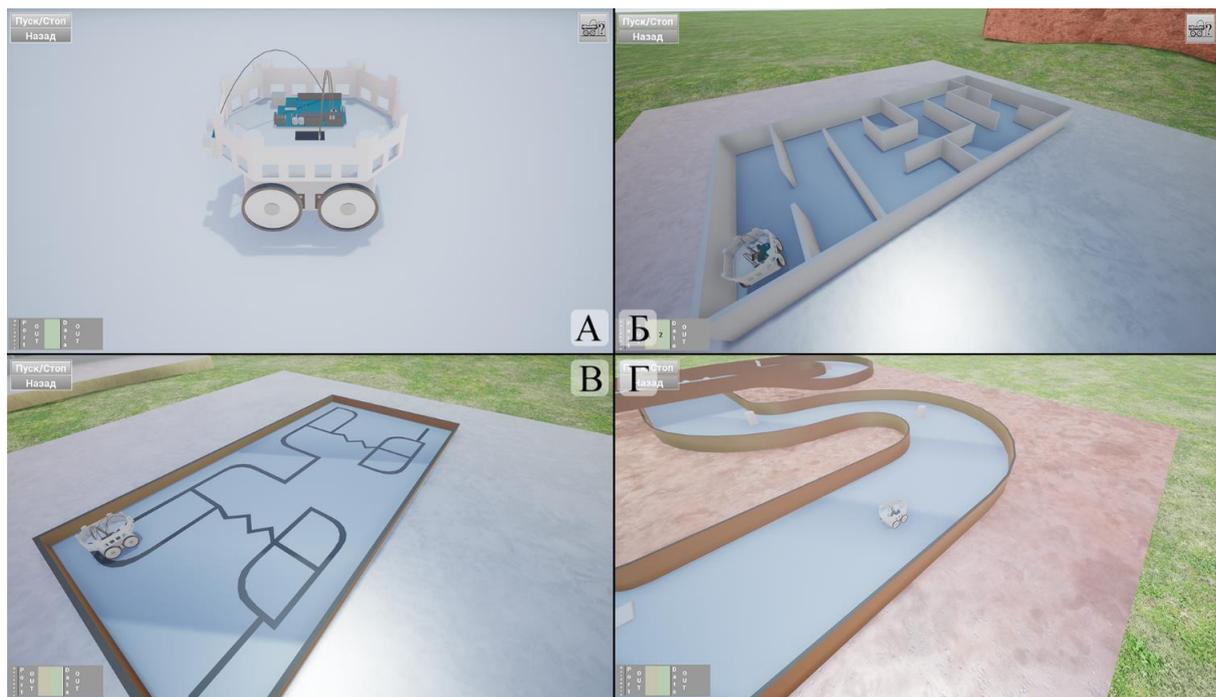


Рис. 2. Интерфейс компонента полион

### Литература

1. Nicola Valcasara: Unreal Engine Game Development Blueprints [Текст] / Packt Publishing Ltd, ISBN: 978-1-78439-777-7, 2015. – 325 с.
2. Alireza Tavakkoli: Game Development and Simulation with Unreal Technology [Текст] / CRC Press, ISBN: 978-1-4987-0625-4, 2016. – 693 с.
3. Официальный сайт «Всероссийской робототехнической олимпиады». [Электронный ресурс] / Траектория: Противостояние // University Innopolis – 2018. – Режим доступа: <http://robolymp.ru/rules-and-regulations/traektoriya-protivostoyanie/>
4. Официальный сайт «Всероссийской робототехнической олимпиады». [Электронный ресурс] /Лабиринт: Туда и обратно // University Innopolis – 2018. – Режим доступа: <http://robolymp.ru/rules-and-regulations/labirint/>
5. Официальный сайт международного фестиваля «Robotex International». [Электронный ресурс] / Folkraze// Robotex International – 2018. – Режим доступа: <https://robotex.international/competitions/folkraze/>



**Василевская Софья Алексеевна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра прикладной и компьютерной оптики,  
группа № В3400

Направление подготовки: 12.03.02 – Опотехника

e-mail: sofia.vasilevskaya@yandex.ru

**УДК 681.7.067.2**

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОСТАБИЛЬНОГО ОБЪЕКТИВА**

**С.А. Василевская**

**Научный руководитель – тьютор Д.А. Злобин**

Для разработки конструкции была получена оптическая схема, параксиальные характеристики и конструктивные параметры инфракрасного объектива.

Инфракрасные объективы используются в устройствах, работающих с матричными фотоприёмниками, чувствительными в спектральном диапазоне (8 – 12) мкм. Такие устройства зачастую работают в широком диапазоне температур.

**Цель ВКР** – разработать конструкцию термостабильного инфракрасного объектива, работающего при температуре от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ .

Существуют различные конструкции термостабильных объективов, но каждая из них создается для определенных оптических схем, условий и поставленных задач. Поэтому необходимо подобрать и разработать оптимальный способ крепления для заданных параметров.

Первый вопрос, который возник при разработке конструкции это – выбор материала. Коэффициенты линейного теплового расширения линз инфракрасной области сильно отличаются друг от друга, значит при изменении температуры, диаметры и толщины линз будут изменяться по-разному. Подобрать обычные материалы с соответствующим коэффициентом теплового расширения невозможно и для того, чтобы использовать такие материалы, как алюминий (Сплав Д16 - легкий и доступный материал) и сталь (имеет необходимые свойства для определенных деталей), было решено отказаться от привычных оправ, а использовать различные кольца.

Конструкцию объектива было необходимо разработать так, чтобы линзы смогли «дышать» в ней, сохраняя центровку и не создавая трения между элементами, компенсируя при этом осевые и поперечные изменения размеров линз. На рис. 1 представлена трехмерная модель разработанной мною конструкции объектива.

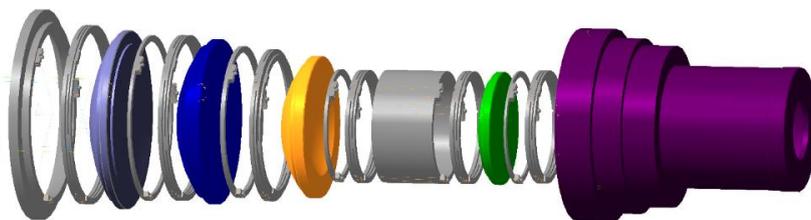


Рис. 1. 3D-модель конструкции объектива

Между кольцами установлены призматические направляющие с шариками. Это позволяет элементам конструкции двигаться при изменении температуры относительно друг друга, избежать трения между элементами и сохранять центровку линз. Направляющие выполнены в виде планок из материала Сталь 95Х18, которые закрепляются на кольцах через 120°. Планки подрезаются в процессе сборки для достижения необходимых воздушных промежутков и компенсации погрешностей изготовления деталей [1].

В качестве компенсации осевого изменения размеров линз выбраны пружинные кольца. Они рассчитаны из материала Сталь 45 с двумя рядами прорезей и пазами для планок. Одно из пружинных колец выполнено Г-образной формы. Это связано с малым воздушным промежутком и резкой сменой размера светового диаметра между 2-ой и 3-ей линзой. Пружинные кольца также используются чтобы обеспечить упругое силовое замыкание. Для этого первым установлено резьбовое кольцо. Оно имеет наружную резьбу для закрепления корпуса объектива. Корпус и кольца выполнены с зазором с целью обеспечения свободного расширения деталей [2].

Крепление пружинных и промежуточных колец к оптическим элементам осуществляется приклеиванием в трех точках. Это обеспечивает отсутствие деформаций и напряжений в линзах при изменении температуры, благодаря упругим свойствам клеящего вещества. В линзах были сделаны выборки, т.к. размера воздушных промежутков между линзами недостаточно для рассчитанных пружинных и промежуточных колец.

В разработанной конструкции термостабильного инфракрасного объектива (рис. 2): минимизировано трение элементов, предусмотрена компенсация осевых и поперечных температурных деформаций, обеспечена возможность перемещения оптических элементов друг относительно друга при перепаде температуры от - 50 °С до + 55 °С, разработан корпус объектива.

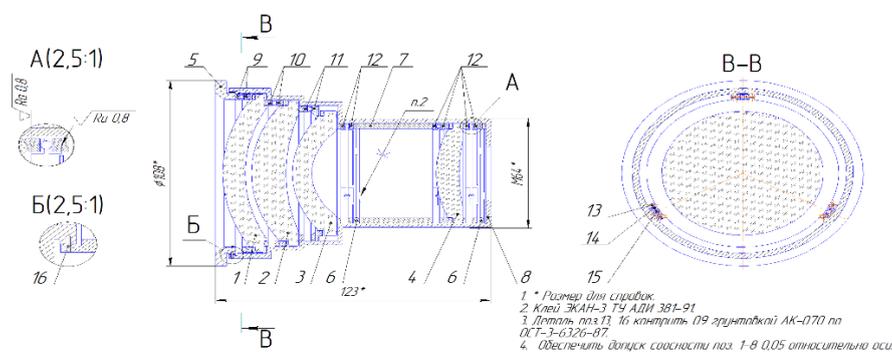
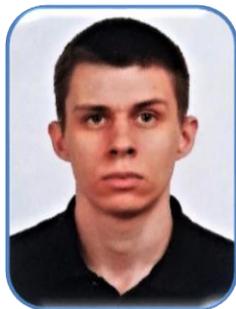


Рис. 2. Фрагмент сборочного чертежа объектива

При известных конструктивных параметрах приемника возможно доработать корпус объектива. На данный момент для крепления матричного фотоприемника предусмотрена резьба, которую при необходимости можно заменить на байонетное соединение.

### Литература

1. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов. СПб: Лань, 2015. – 560 с.
2. Толстоба Н.Д. Конструирование узлов оптических приборов – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 70 с.



**Вдовиченко Дмитрий Сергеевич**

Год рождения: 1995

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра электротехники и прецизионных  
электромеханических систем,  
группа № Р3445

Направление подготовки: 13.03.02 – Электроэнергетика  
и электротехника

e-mail: vdovichenko47@yandex.ru

**УДК 62–52**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВОГО СМЕЩЕНИЯ  
СИГНАЛОВ РАЗВЁРТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЁХФАЗНОГО  
ТРЁХУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ  
С МНОГОЗОННОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

**Д.С. Вдовиченко**

**Научный руководитель – к.т.н., с.н.с., доцент А.А. Усольцев**

В данный момент основной интерес для разработчиков силовой электроники представляют задачи оптимизированного управления полупроводниковой техникой, энергетические стороны работы полупроводниковых преобразователей и задачи энергосбережения средствами управляемого электропривода [1].

Главная проблема полупроводниковых преобразователей, применяемых в современных прецизионных системах управления электроприводами – обеспечение минимально возможного уровня пульсаций модуля вектора тока статора, т.к. эти пульсации прямо пропорциональны пульсациям электромагнитного момента, а, следовательно, влияют на точность системы управления. Данное обстоятельство является решающим, например, при оценке точности позиционирования осей оптического комплекса.

Решением, позволяющим снизить пульсации модуля вектора тока, является совершенствование алгоритма изменений состояния.

Рассматриваемым объектом исследования является трехфазный трехуровневый инвертор напряжения с многозонной модуляцией. Создание алгоритма коммутации ключей инвертора при данном типе модуляции основано на формировании опорных сигналов для каждой зоны выходного напряжения. По взаимному расположению сигналов развертки выделяют 3 типа МШИМ:

1. синфазная (далее обозначенная как МШИМ1);
2. противофазная в уровнях, соответствующих противоположным знакам сигнала модуляции (далее обозначенная как МШИМ2);
3. противофазная во всех соседних уровнях (далее обозначенная как МШИМ3).

Часто для анализа нелинейных искажений применяют коэффициент гармонического искажения фазного тока – величину, показывающую уровень содержания высших гармоник в знакопеременных сигналах [2].

$$THD_i = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2 / I_1} \quad (1)$$

Однако в системах электропривода качество преобразования определяется

пульсациями электромагнитного момента двигателя, вследствие чего оценка при помощи коэффициента гармонических искажений носит косвенный характер. Объясняется это тем, что не существует линейной связи между величиной пульсаций и спектром тока.

Непосредственно с пульсациями электромагнитного момента связаны пульсации годографа вектора тока статора  $i_s$ , т.е. пульсации модуля вектора тока нагрузки, следовательно, и оценка качества преобразования энергии должна производиться по среднему разбросу величины модуля этого вектора. Мерой относительного разброса модуля вектора тока статора является коэффициент вариации  $CV$  [2].

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} (|i_s(t) - \overline{|i_s|})^2 dt}}{\overline{|i_s|}} \quad (2)$$

На рисунке представлены графики значений коэффициента вариации при переходах от МШИМ1 к МШИМ2 и МШИМ3 для 3-различных частот: 0,6, 1,5 и 3 кГц.

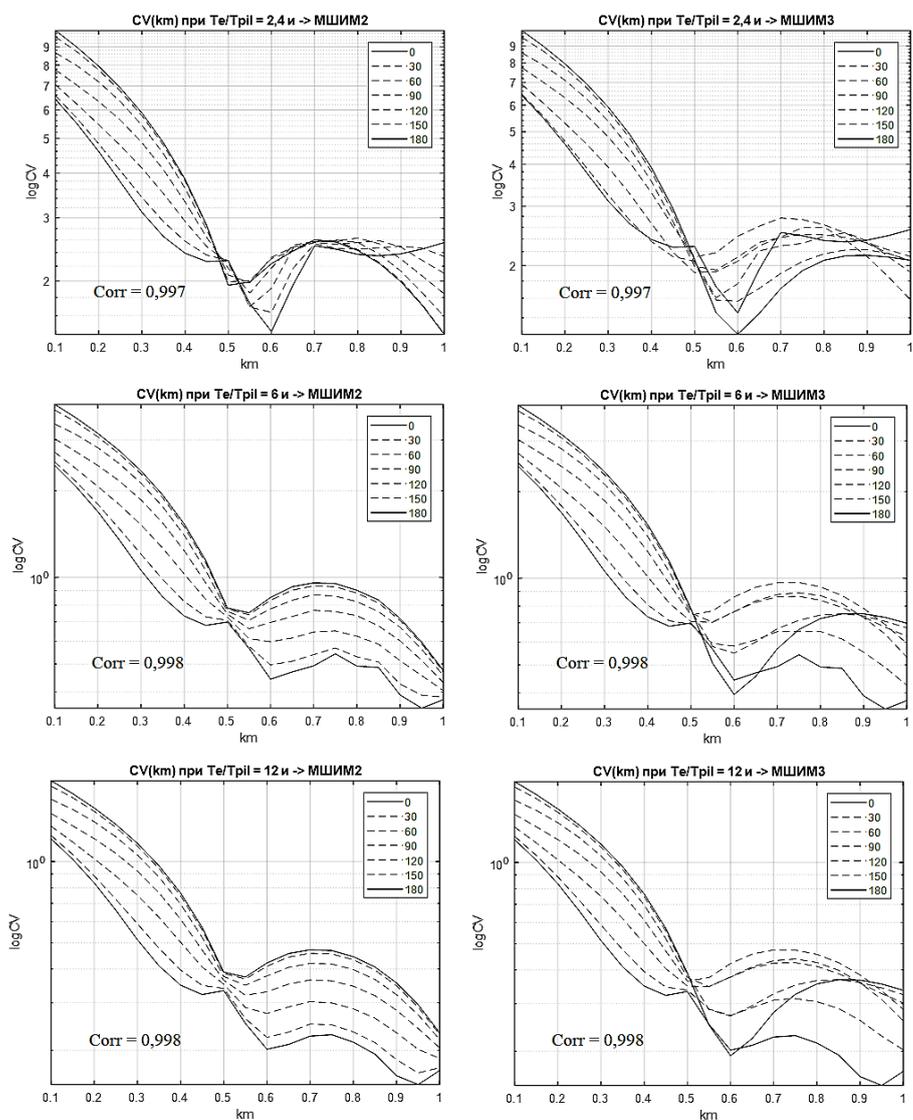


Рисунок. Графики  $CV$  при переходах от МШИМ1 к МШИМ2 и МШИМ3

По результатам исследования установлено:

1. МШИМ1 обеспечивает минимальное искажение годографа вектора тока нагрузки во всём диапазоне модуляции при высокой частоте развертки;
2. при регулировании выходной частоты инвертора в широком диапазоне при всех алгоритмах модуляции наблюдается принципиально неустранимое резкое изменение величины и мощности пульсаций годографа вектора тока нагрузки при изменении режима работы (двух- и трёхуровневый режим), что может приводить к резонансным явлениям и автоколебаниям в случае использования такого источника питания в электроприводе;
3. коэффициент корреляции CV и THD при работе инвертора в двухуровневом режиме практически равен единице, однако в трёхуровневом режиме взаимосвязь этих параметров нарушается, что исключает возможность использования THD для оптимизации алгоритма работы инвертора.

Полученные результаты и разработанная имитационная модель могут быть использованы на этапах проектирования систем управления электроприводами. В работе исследовалась модель трехфазного трехуровневого инвертора напряжения, однако полученные результаты можно распространить и на инверторы с большим числом уровней.

### Литература

1. Зиновьев Г.С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Н.: НГУ, 1998, 32с.
2. Tomasov V., Usoltsev A., Zolov P., Griбанov P. The effect of space vector modulation algorithm on characteristics of three-phase voltage inverter for drives of optical telescopes // Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences – 2017, Vol. 65, No. 5, pp. 629-637.



**Воробьева Лина Игоревна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника  
e-mail: linavi96@yandex.ru

**УДК: 658.512.4:004.622**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ  
ВВОДА ИНФОРМАЦИИ О КОНСТРУКТИВНЫХ  
ОСОБЕННОСТЯХ, ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРАХ  
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**Л.И. Воробьева**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев**

На современных предприятиях заметна тенденция сокращения времени на создание продукции. Это достигается путем автоматизации производства, в частности проектирования технологического процесса (ТП). Формирование конструкторско-технологической документации (КТД), является частью проектирования ТП и требует значительных временных затрат [3]. Для увеличения качества проектных решений и ускорению проектирования необходимо осуществить хранение информации в формализованном виде [2].

Цель выпускной квалификационной работы – создание программы для ввода, вывода и корректировки конструкторско-технологической информации о детали, а точнее об элементах третьего уровня, линейных и угловых размерах, и сохранение ее в ЭВМ для дальнейшего использования. Результатом выполнения программы является файл, содержащий введенную информацию, в соответствии с методическими указаниями, разработанными в Северо-Западном заочном политехническом институте (позднее Северо-Западном заочном техническом университете) [1].

Работа сконцентрирована на деталях типа тел вращения. В формализованном виде структура детали представляют в виде многоуровневой системы взаимосвязанных элементов [1]. Пример разбиения можно увидеть на рис. 1. Цифры в кругах – первый уровень; в овалах – второй и третий; в прямоугольниках со скругленными краями – плоскостные элементы [2].

Информация при хранении будет разбита на массивы:

1. ТМА – наименование и номер детали;
2. ТМ1 – общие сведения о детали;
3. ТМ2 – сведения о параметрах элементов первого уровня;
4. ТМ3 – сведения о параметрах элементов второго уровня;
5. ТМ4 – сведения о параметрах элементов третьего уровня;
6. ТМД – сведения о линейных размерах, расположенных вдоль оси вращения детали;
7. ТМИ – сведения о линейных размерах, расположенных параллельно или перпендикулярно основной оси вращения, и угловых размерах.

В связи с трудоемкостью работы, проект было решено поделить между двумя разработчиками. В данной ВКР были рассмотрены массивы, которые выделены жирным шрифтом.

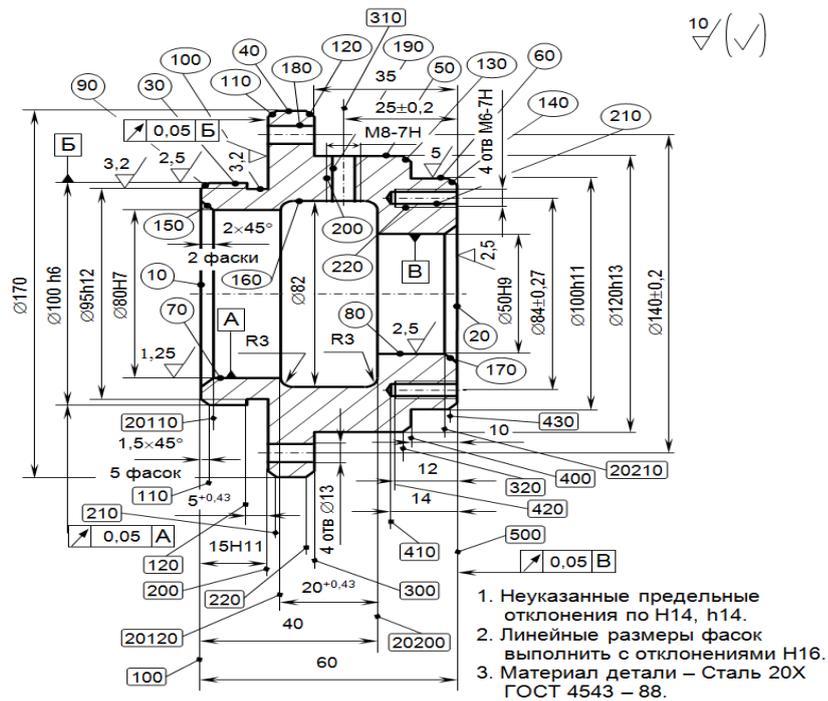


Рис. 1. Эскиз осесимметричной детали с разбиением ее на элементы

Ввод данных о детали осуществляется в диалоговом режиме с технологом. Вся введенная информация хранится в файлах формата «.xls». Общую структуру программы можно увидеть на рис. 2.

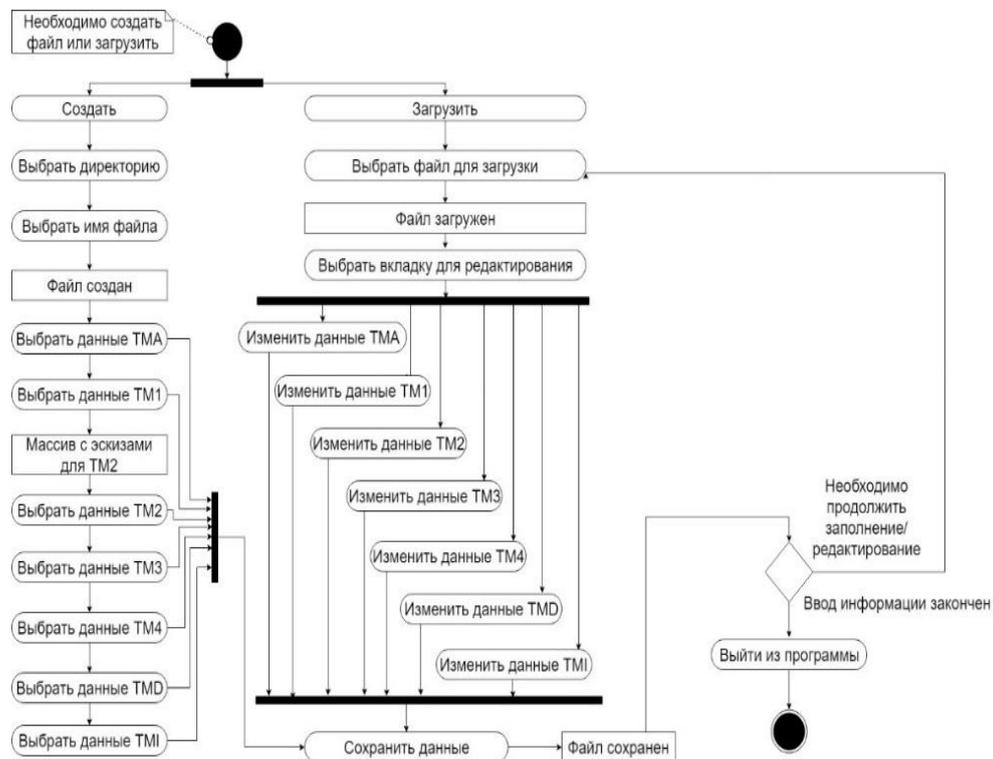


Рис. 2. Диаграмма деятельности программы

Интерфейс программы реализован с использованием системы вкладок и кнопок. Каждый массив расположен на своей вкладке, а каждый столбец массива привязан к своей кнопке.

Каждая вкладка поделена на 3 зоны: зона выбора столбца массива, который является либо поверхностью, либо размером, либо элементом детали (в зависимости от выбранного массива); зона ввода информации; зона с поясняющим эскизом.

Пример интерфейса можно увидеть на рис. 3. Занесенная информация в закодированном виде отправляется в файл. Для контроля ввода часть информации выбирается из списка, часть заносится напрямую, используя маски ввода.

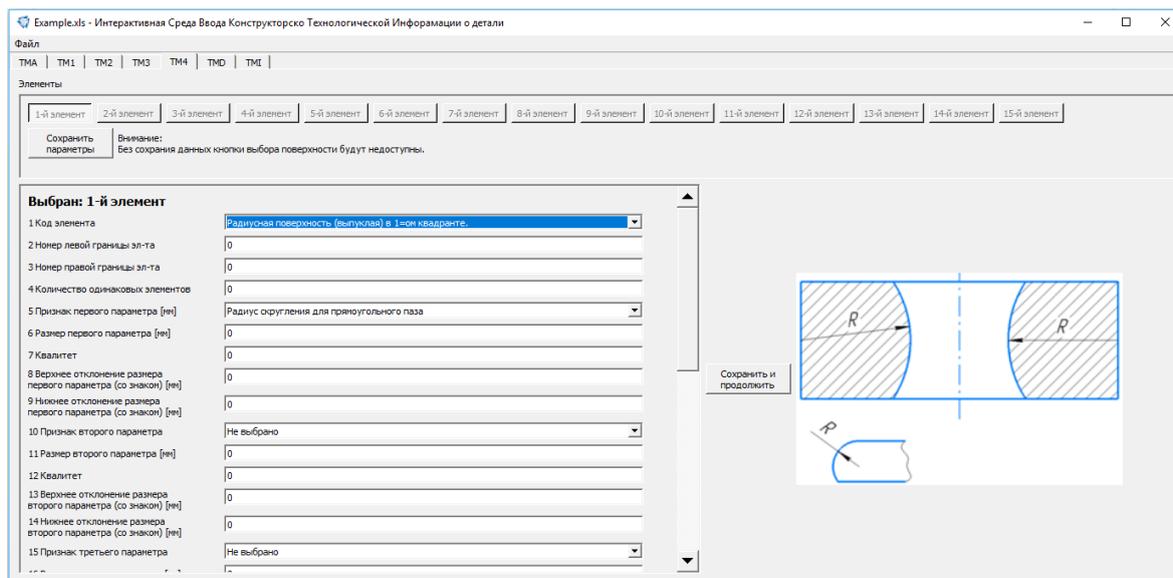


Рис. 3. Страница массива ТМ4

В результате была получена программа, позволяющая подготовить КТИ об осесимметричной детали для ее ввода в ЭВМ и использования при проектировании ТП. Интерфейс выполнен с учетом всех требований к программе. В последующем программа будет преобразована в модуль, для дальнейшего его внедрения в систему САПР ТП.

## Литература

1. САПР. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении / Р. А. Аллик [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1986 г.
2. А.П. Загоскин, К.П. Помпеев, Д.Д. Куликов. Определение планов обработки поверхностей при автоматизированном синтезе принципиальной схемы технологического процесса. Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 7-й международной научно-практической конференции / Под ред. А.Н. Евграфова и А.А. Поповича. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. - ISSN 2223-0807
3. Технология приборостроения: учеб. пособие/ В.А. Валетов, К.П. Помпеев. – СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО, 2013. – 234 с.



**Герасименко Владислав Сергеевич**

Год рождения: 1994

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра фотоники и оптоинформатики,  
группа № V3300

Направление подготовки: 12.03.03. – Оптические и квантовые  
технологии передачи, записи и обработки информации

e-mail: lyagacruz@gmail.com

**УДК 535.016**

## **РАСЧЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА В ОПТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ СХЕМАХ С ТЕПЛОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

**В.С. Герасименко**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент, с.н.с. С.А. Чивилихин**

Современный мир проявляет все больший интерес к квантовым вычислениям, т.к. они позволяют заметно быстрее решать некоторые задачи. Для изготовления же квантовых вычислителей необходима элементная база, которую возможно реализовать, в том числе, на основе устройств и подходов интегральной оптики, самыми распространенными из которых являются поляризационное [1] и двухволноводное фазовое [2] представления кубита. В принципе уже было предложено некоторое количество универсальных однокубитовых вентилях [1], однако прямая попытка заменить вращатели поляризации фазовращателями терпит неудачу – в выключенном состоянии такая схема будет изменять состояние проходящего сквозь нее кубита. Предлагаемые универсальные элементы для фазового представления кубита обладают обычно тем же недостатком (или же их схемы принципиально приводятся в неполном виде).

Обычно при построении универсального квантового интегрально-оптического вентиля с фазовым управлением ограничиваются утверждением, что волноводный светоделитель работает примерно (с точностью до фазовых задержек) как оператор Адамара, а воздействие (в нашем случае тепловое) на волновод позволяет менять его показатель преломления, а следовательно, управлять фазой. Что именно нужно сделать со светоделителем для получения оператора Адамара, практически не рассматривается.

Если не углубляться в процесс получения универсального вентиля и ограничиться только результатом его разработки, то получится, что для любого «классического» преобразования кубита подойдет интерферометр Маха-Цандера, доработанный тремя активными и шестью (если их объединять и/или исключать, где это возможно, можно уменьшить число до пяти или даже четырех) пассивными элементами фазовой задержки (рис. 1).

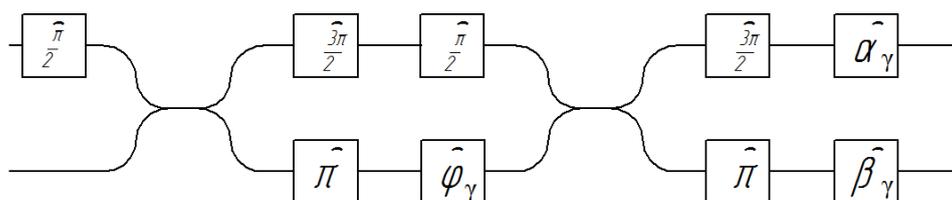


Рис. 1. Схема универсального логического вентиля. Элементы фазовой задержки изображены квадратами с указанными в них значениями прибавки к фазе, активные (управляемые) элементы отмечены нижним индексом  $\gamma$ .

Матрица преобразования и указанного элемента и способы получения основных операторов представлены ниже:

$$\hat{U}(\alpha, \beta, \varphi) = \begin{pmatrix} \cos(\frac{\varphi}{2}) \cdot e^{i(\alpha+\frac{\varphi}{2})} & -\sin(\frac{\varphi}{2}) \cdot e^{i(\beta+\frac{\varphi}{2})} \\ -\sin(\frac{\varphi}{2}) \cdot e^{i(\alpha+\frac{\varphi}{2})} & \cos(\frac{\varphi}{2}) \cdot e^{i(\beta+\frac{\varphi}{2})} \end{pmatrix},$$

где  $\alpha, \beta, \varphi$  — фазовые задержки одноименных (см. Рис 1) управляемых элементов.

$$\hat{\Phi} = \hat{U}(0, \phi, 0) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\phi} \end{pmatrix}, \hat{Z} = \hat{U}(0, \pi, 0) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \hat{X} = \hat{U}(0, 0, \pi) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \hat{Y} = \hat{U}(\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \pi) = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \hat{H} = \hat{U}(0, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}) \cdot \hat{U}(\frac{7\pi}{4}, \frac{7\pi}{4}, \frac{\pi}{2}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Следующей важной задачей было моделирование работы нагревателя, сводящееся к решению трехмерного уравнения теплопроводности для процессов внутри нагревателя и в его окрестностях соответственно:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha C^2 T + \Delta T_H \quad \text{и} \quad \frac{\partial T}{\partial t} = \alpha C^2 T,$$

где  $t$  – время,  $T$  – температура,  $T_H$  – дополнительный вклад в температуру, связанный с работой нагревателя,  $\alpha$  – коэффициент температуропроводности.

Был смоделирован объем 11 мкм X 10 мкм X L (ширина, высота, длина), где L определялась как длина нагревателя и еще 8-12 мкм с каждой стороны. Расчетная область включала кремниевый волновод, подложку из кварцевого стекла, медный нагреватель и слой воздуха. Время работы нагревателя 1 мкс, время окончания расчета – 5 мкс (в некоторых случаях выбиралось больше или меньше). Численное моделирование позволило определить, что при диапазоне температур кремния 0 – 120 °С (нижняя граница обусловлена относительной простотой температурной стабилизации выключенной схемы, верхняя – границей области линейности зависимости показателя преломления кремния от температуры) для возможности изменять фазу на произвольное значение от 0 до  $2\pi$  волны с длиной  $\lambda = 1,55$  мкм необходима длина нагревателя не менее 162 мкм. Также значимым результатом было определение соотношения падения напряжения на нагревателе к его длине (при получении фазовой задержки  $2\pi$ )  $U/L = 0,5-0,6$  В/мкм как оптимального, т. к. при нем большая часть желаемого диапазона оптических разностей хода оказывается в линейной зависимости от напряжения, а также скорость нагревания и остывания схемы оказываются не слишком большими. Полученные решения использовались для определения точности работы управляемого фазовращателя (рис. 2). Время остывания схемы к исходному состоянию в зависимости от толщины стеклянного буфера (0,5 – 1 мкм) составляет примерно 15-25 мкс.

Результатом данной работы является предложение схемы интегрально-оптического универсального квантового логического вентиля для работы с двухволноводным фазовым представлением кубита, в выключенном состоянии не изменяющего состояние проходящего сигнала, а так же моделирование работы фазовращателя, полученного путем установки нагревателя на волновод. К перспективам дальнейшего развития можно отнести оптимизацию предложенной схемы, поиск способов ускорения переключения фазовращателей (особенно

возвращение к исходному состоянию), разработку аналогичной двухкубитной схемы и изготовление экспериментального образца.

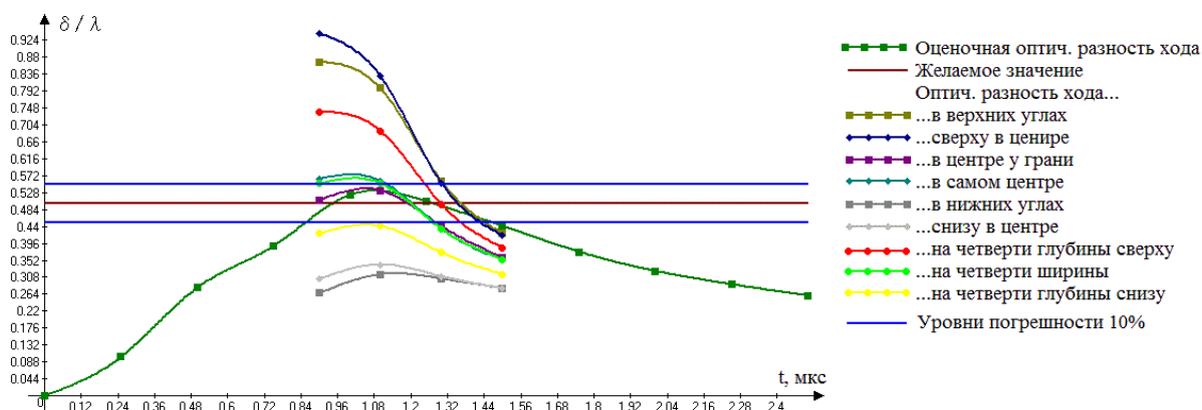


Рис. 2. Зависимость оптической разности хода на фазовращателе (целевая фазовая задержка  $\pi$ ) от времени в процессе нагревания и остывания волновода. Зеленый график в диапазоне 0 – 2,5 мкс – для центра волновода (сечением 1 мкм x 1 мкм) на глубине 1 мкм, множество линий в диапазоне 0,9 – 1,5 мкм – для различных областей такого же волновода на глубине 0,5 мкм

### Литература

1. I.B. Djordjevic. "On the photonic implementation of universal quantum gates, Bell states preparation circuit, quantum relay and quantum LDPC encoders and decoders." // *IEEE Photonics Journal* – 2010 – 2(1) – с.81–91.
2. J.C.F. Matthews, A. Politi, A. Stefanov, and J.L. O'Brien. "Manipulation of multiphoton entanglement in waveguide quantum circuits." // *Nature Photonics* – 2009 – 3(6) – с.346–350.



**Гожальский Даниил Игоревич**

Год рождения: 1997

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра оптической физики и современного естествознания,  
группа № V3436

Направление подготовки: 12.03.03. – Фотоника и оптоинформатика  
e-mail: gozhal.daniil@gmail.com

**К 535.37 + 535.211**

## **ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ, НАГРЕВАЕМЫХ СФОКУСИРОВАННЫМ СВЕТОВЫМ ПУЧКОМ**

**Д.И. Гожальский**

**Научный руководитель – д.ф.-м.н., в.н.с. А.В. Вениаминов**

Чаще всего при исследованиях на лазерном сканирующем микроскопе (ЛСМ) воздействию источника излучения на образец не уделяется внимание. Несмотря на его относительно невысокую мощность, значительная интенсивность в микроскопическом объеме может привести к изменению различных свойств (в т.ч. люминесцентных) объекта [1]. По этой причине исследователи сталкиваются с актуальной проблемой измерения локальной температуры и её контроля.

Обычные термометры неспособны достичь высокого разрешения в малом объеме. Решить это возможно при помощи полупроводниковых наночастиц благодаря их достоинствам в оптических свойствах (регулирование спектров излучения, высокая фотостабильность и др.) [2, 3]. Среди них – явно выраженная способность люминесценции реагировать на изменение температуры, которая может позволить отслеживать температурные эффекты в малых масштабах (зависимости длины волны максимума, полуширины, интенсивности, времени затухания от температуры нанокристаллов) [4, 5].

Используемые в экспериментах нанокристаллы были синтезированы в лаборатории кафедры ОФиСЕ (руководитель д-р А.Ю.Дубовик): квантовые точки CdSe/ZnS (КТ) и нанопластины CdSe (НП). В ходе выполнения данной работы были измерены спектры люминесценции на ЛСМ при нагреве и охлаждении термостабилизированной приставкой Linkam с целью выявления люминесцентного термохромизма, а также рассчитаны зависимости параметров люминесценции от температуры. Каждый спектр подвергался обработке функцией Гаусса, которая позволила достичь точности в определении температуры  $\pm 5$  °С для КТ и  $\pm 3$  °С для НП из-за более узкого спектра излучения. Полученные спектры и зависимости приведены на рис. 1.

Как можно видеть из рисунка, интенсивность неоднозначна и немонотонна при варьировании температуры, а полуширина изменяется незначительно — эти параметры малоприспособны для отслеживания температурного эффекта. Другое дело обстоит с длиной волны максимума излучения: в этом случае наблюдается линейная закономерность (в виде трёх компонент). То есть при нагревании решётка расширяется, приводя к обратимому линейному сдвигу в длинноволновую область спектра, так что по максимуму наиболее удобно определять температуру. Большей точности можно добиться на рамановском микроспектрометре ( $\pm 1$  °С).

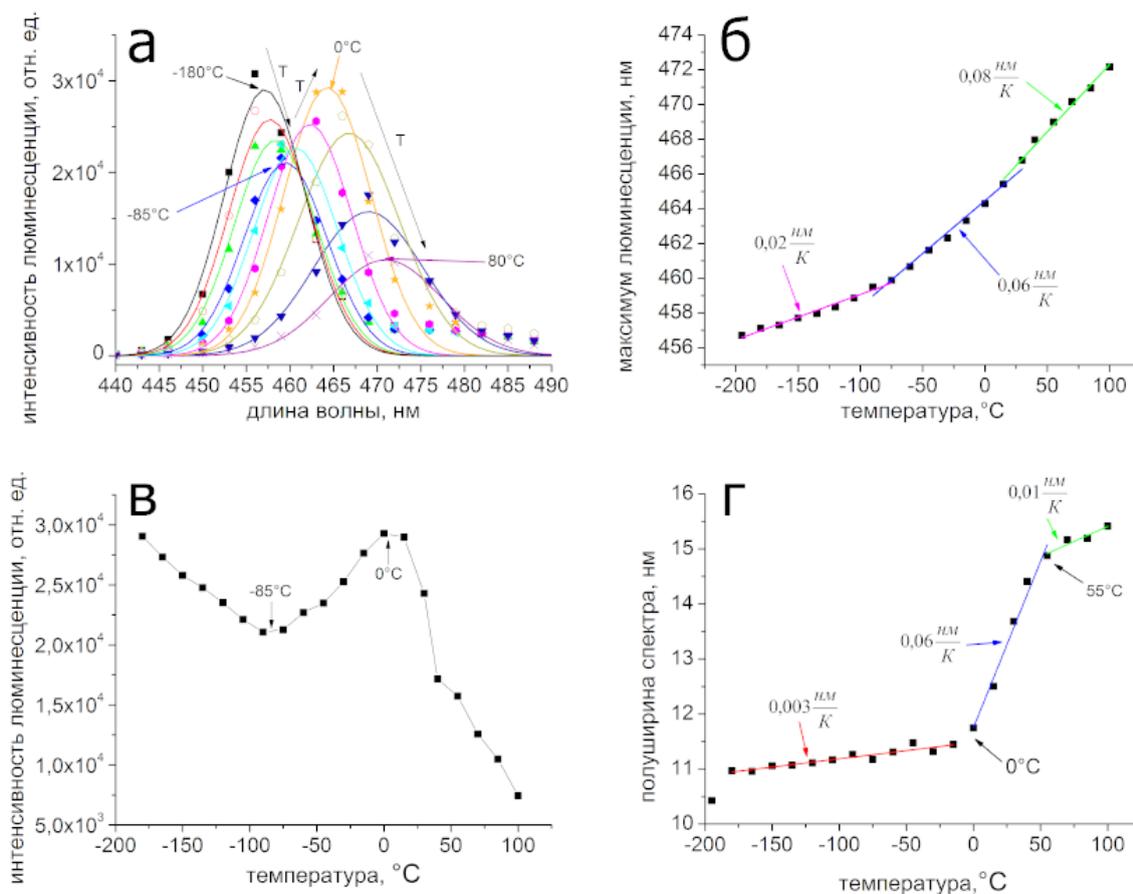


Рис. 1. Спектры люминесценции нанопластин CdSe при различных температурах (а); зависимость от температуры длины волны максимума (б), интенсивности люминесценции (в), полуширины спектра (г)

Без использования внешних нагревателей посредством регулирования мощности лазера увеличивается температура образца за счет концентрирования в небольшом объеме. Соответственно, возникает смещение спектра, по которому можно отследить степень нагрева. Так, при мощности в 4.5 мВт площадь  $212 \times 212 \text{ мкм}^2$  разогревается на  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Такой же эффект достигается при уменьшении засвечиваемой площади (рис. 2).

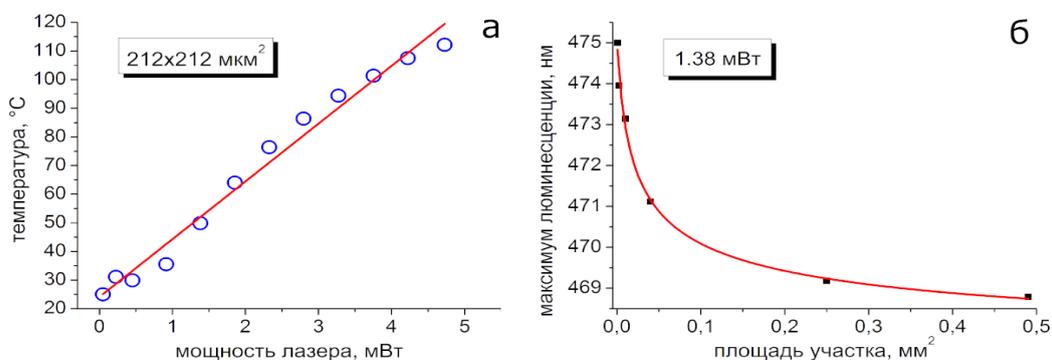


Рис. 2. Зависимость температуры нанопластин от мощности лазера (а), зависимость длины волны максимума люминесценции нанопластин от размера освещаемого участка (б)

Отслеживание температуры и сохранение начального состояния условий являются очень важной задачей для экспериментальной физики. Результаты данной работы позволяют говорить о перспективности применения вышеизложенной методики во многих областях науки, особенно там, где важна точность в микроскопических масштабах. Сфокусированное лазерное излучение, несомненно, оказывает значительный тепловой эффект, изменяя сам объект изучения и его свойства. Данным фактом нельзя пренебрегать, тем более что он способствует получению инструмента для определения локальной температуры.

### Литература

1. Звелто О. Принципы лазеров. Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 720 с.
2. Гапоненко С.В., Розанов Н.Н., Ивченко Е.Л., Федоров А.В., Баранов А.В., Бонч-Бруевич А.М., Варганян Т.А., Пржибельский С.Г. Оптика наноструктур. Под редакцией А. В. Федорова. СПб: Недра, 2005 г. – 326 с.
3. Mahajan S., Rani Meenu, Dubey R. B., Mahajan Jagrati Characteristics and properties of CdSe quantum dots // International Journal of Latest Research in Science and Technology. – 2013. – V. 2.1. – p. 457–459.
4. Shaopeng Wang, Sarah Westcott, Wei Chen Nanoparticle Luminescence Thermometry // Journal of Physical Chemistry. – 2002. – V. 106. – p. 11203–11209.
5. Sumanta Bose, Sushant Shendre, Zhigang Song, Vijay Kumar Sharma, Dao Hua Zhang, Cuong Dang, Weijun Fan, Hilmi Volkan Demir Temperature-dependent optoelectronic properties of quasi-2D colloidal cadmium selenide nanoplatelets // Nanoscale. – 2017. – V.9. – p. 6595–6605



**Голубев Ярослав Дмитриевич**

Год рождения: 1997

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра лазерных технологий и систем,  
группа № В3420

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: areyde.elvgren@gmail.com

**УДК 535.211**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ВОЗДЕЙСТВИЯ СДВОЕННЫХ  
ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ  
НА ПОВЕРХНОСТЬ МЕТАЛЛОВ**

**Я.Д. Голубев**

**Научный руководитель – к.т.н. А.А. Самохвалов**

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ №18-32-00839 «Исследование влияния временной задержки между сдвоенными ультракороткими лазерными импульсами на динамику электронной и решеточной подсистем и процессы абляции полупроводников и прозрачных диэлектриков»

В настоящее время фемтосекундные лазерные установки становятся более распространенными и доступными, в связи с чем происходит активное развитие фемтосекундных лазерных технологий – в частности, технологий, основанных на использовании пачек импульсов. Одной из интересных разновидностей таких технологий является использование сдвоенных фемтосекундных импульсов. Наличие задержки между импульсами создает новую степень свободы, которая позволяет дополнительно управлять процессом лазерной абляции. Сдвоенные импульсы применяются для усиления эмиссии лазерно-индуцированной плазмы [1], микросверления, создания поверхностно-периодических структур [2] и других задач различных областей науки и техники. Однако, необходимо более подробное исследование процесса абляции металлов сдвоенными фемтосекундными импульсами и установления процессов, влияющих на неё.

Исходя из этого, целью работы было исследование влияния временной задержки между сдвоенными фемтоимпульсами на возможные сдвиги порогов абляции различных металлов и тонких металлических плёнок, изучение влияния различных процессов на поглощение излучения при различных задержках и анализ возможностей применения данного режима лазерной обработки в различных областях науки и техники. Для решения этой цели были поставлены следующие задачи: провести абляцию металлов сдвоенными фемтосекундными лазерными импульсами с задержками от 330 фс до 4 нс, исследовать полученные образцы методами микроскопии, профилометрии и фотоакустики, а также установить процессы, влияющие на изменения параметров абляции.

Для проведения эксперимента нами была собрана схема, представляющая собой интерферометр Майкельсона: лазерный пучок на выходе из системы делился пополам, часть его попадала на статичное зеркало, а часть на зеркало, расположенное на трансляционном столике. Передвигая его, мы могли создавать задержки в диапазоне от 0 до 4000 пс. Далее сдвоенный импульс попадал на дифракционный ослабитель, необходимый нам для калибровки и фокусировался приблизительно на 200-300 мкм

под поверхность образца во избежание филаментации. К образцу был подведен УЗ-датчик, подсоединенный к осциллографу, позволяющий снимать фотоакустический отклик во время абляции. В работе использовалась лазерная система Авеста-Проект со следующими параметрами: длина волны 800 нм, длительность импульса 100 фс, максимальная энергия в импульсе 1 мДж и частота следования импульсов 1 и 10 Гц. В качестве мишеней для эксперимента были выбраны алюминий и сталь – во-первых, потому что это наиболее распространенные материалы, во-вторых, потому что они позволяют проверить различия в порогах абляции для металлов и сплавов. Обе пластины были тщательно отшлифованы и отполированы перед экспериментом. Кроме того, были взяты четыре тонкие плёнки алюминия (30, 60, 90 и 120 нм), чтобы проверить зависимость порогов абляции от толщины материала.

Пороги абляции алюминия показали увеличение с ростом толщины плёнки, а также хорошо совпали с теоретическим значением (эксперимент показал  $0,43 \text{ Дж/см}^2$ , а расчёт на основании работы [3] дал значение  $0,41 \text{ Дж/см}^2$ ). И для алюминия, и для стали при задержках между импульсами до 10 пс пороги оставались неизменными, при длинных задержках у алюминия начали расти, а у стали уменьшаться, что может объясняться структурными особенностями материалов и влиянием разлета вещества (рис. 1).

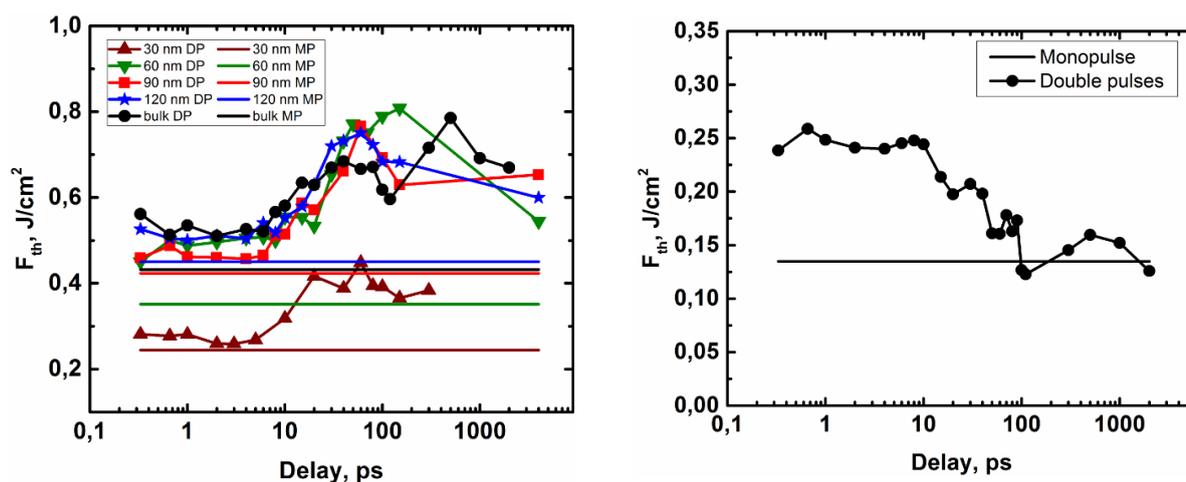


Рис. 1. Зависимости порогов абляции алюминия (слева) и стали (справа) от задержки между импульсами. Горизонтальные линии представляют порог для одиночного импульса, а кривые – для двоянных

Профилометрические исследования показали, что изменение задержки между импульсами влияет на геометрию образующихся абляционных треков из-за перераспределения энергии второго импульса. На средних задержках (10–20 пс) можно получить ровные наноструктуры без типичной «ямки». Для алюминия результаты представлены на рис. 2.

Фотоакустические исследования демонстрируют рост амплитуды фотоакустического отклика и уменьшение времени его прихода при увеличении задержки между импульсами, что может быть вызвано поглощением второго импульса в разлетающемся веществе, индуцированном первым импульсом. Данный эффект сильнее проявляется для алюминия.

Перспективы продолжения исследований в данном направлении видятся в следующем: необходимо более подробно исследовать изменение морфологии и геометрии образующихся наноструктур и их свойства, необходимо изучить

абляционные параметры других металлов и сплавов с целью установления зависимостей между порогами абляции и составом облучаемого материала, а также провести исследования, посвященные усилению эмиссии лазерно-индуцированной плазмы при помощи изменения задержки в режиме облучения сдвоенными фемтосекундными импульсами.

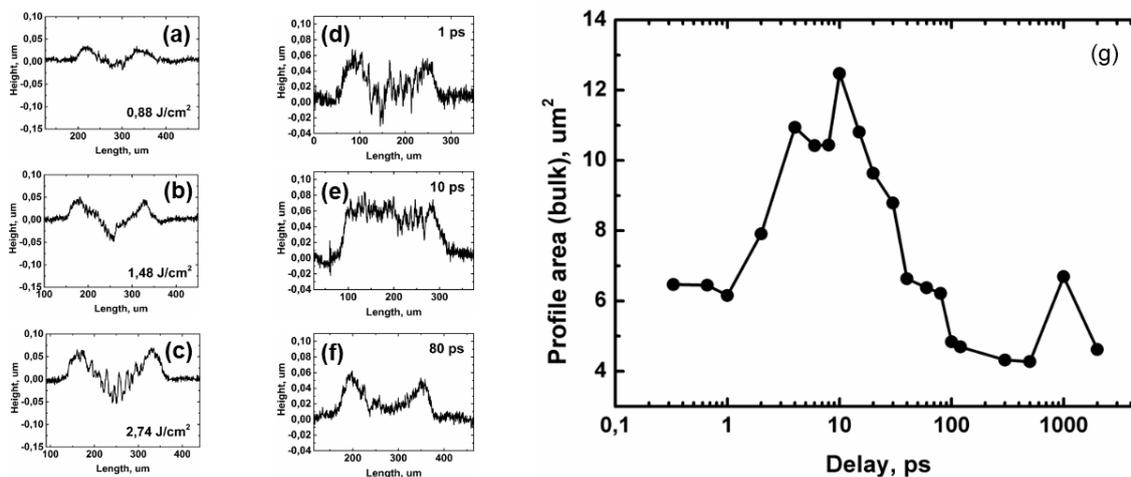


Рис. 2. (а – с) Профиль абляционного трека для одиночных импульсов, (d – f) для сдвоенных импульсов при различных задержках, и (g) зависимость площади профиля трека от задержки между импульсами для алюминия

## Литература

1. Zorba V., Mao X., Russo R. E. Femtosecond laser induced breakdown spectroscopy of Cu at the micron/sub-micron scale //Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2015. – Т. 113. – С. 37-42.
2. Höhm S. et al. Area dependence of femtosecond laser-induced periodic surface structures for varying band gap materials after double pulse excitation //Applied Surface Science. – 2013. – Т. 278. – С. 7-12.
3. Gamaly E. G. et al. Ablation of solids by femtosecond lasers: Ablation mechanism and ablation thresholds for metals and dielectrics //Physics of plasmas. – 2002. – Т. 9. – №. 3. – С. 949-957.



**Грачкова Екатерина Юрьевна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра лазерных технологий и систем,  
группа № В3420

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: grachkovaekaterina@yandex.ru

**УДК 53.043**

**ЛАЗЕРНО ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ  
ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Е. Ю. Грачкова**

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

Смачиваемость определяется способностью поверхности материала взаимодействовать с той или иной жидкостью. Степень смачиваемости измеряют контактным углом смачивания и в зависимости от значения данного угла все поверхности делят на гидрофильные ( $\theta < 90^\circ$ ) и гидрофобные ( $\theta > 90^\circ$ ). Оба типа поверхностей нашли применение в различных областях промышленности. Благодаря водоотталкивающим свойствам, способности сопротивляться обледенению, биообрастанию и коррозии гидрофобные покрытия нашли широкое применение в авиастроении [1], судоходстве, линиях электропередач и т.д. Гидрофильные покрытия, наоборот, хорошо взаимодействуют с жидкостями, что нашло широкое применение в медицине [2]. Основными факторами, влияющими на смачиваемость, являются химический состав поверхности и ее морфология. Исходя из этого все методы изменения смачиваемости разделяют на химические [3], механические [4] и тепловые [5]. Среди тепловых методов наиболее перспективным является лазерное структурирование поверхности благодаря способности точно управлять микрогеометрией поверхности, экологичности и простоте использования. Существует достаточно большое количество работ, в которых с помощью лазерного структурирования поверхности получают определенный угол смачивания для конкретных применений, однако, в целом взаимосвязь между режимами лазерного воздействия и смачиваемостью поверхности до сих пор не найдена. Помимо этого ученым до сих пор не до конца ясен механизм изменения смачиваемости образцов с течением времени пребывания их на воздухе.

Целью данной работы являлось исследование влияния режимов лазерного воздействия (плотности мощности  $q$  и перекрытий  $M$ ) на морфологию и химический состав поверхности стали AISI 304 и их влияние на смачиваемость. Обработка поверхности проводилась импульсным иттербиевым волоконным лазером «МиниМаркер 2». С помощью комбинации различных значений плотности мощности лазерного излучения (от 28,3 до 283 МВт/см<sup>2</sup>) и перекрытий импульсов по горизонтальной и вертикальной осям сканирования (от 0 до 90 %), которые равны между собой, была создана матрица образцов.

Для изучения морфологии поверхности полученных образцов методом контактной профилометрии был исследован средний арифметический высотный параметр  $S_a$  (рис. 1а).

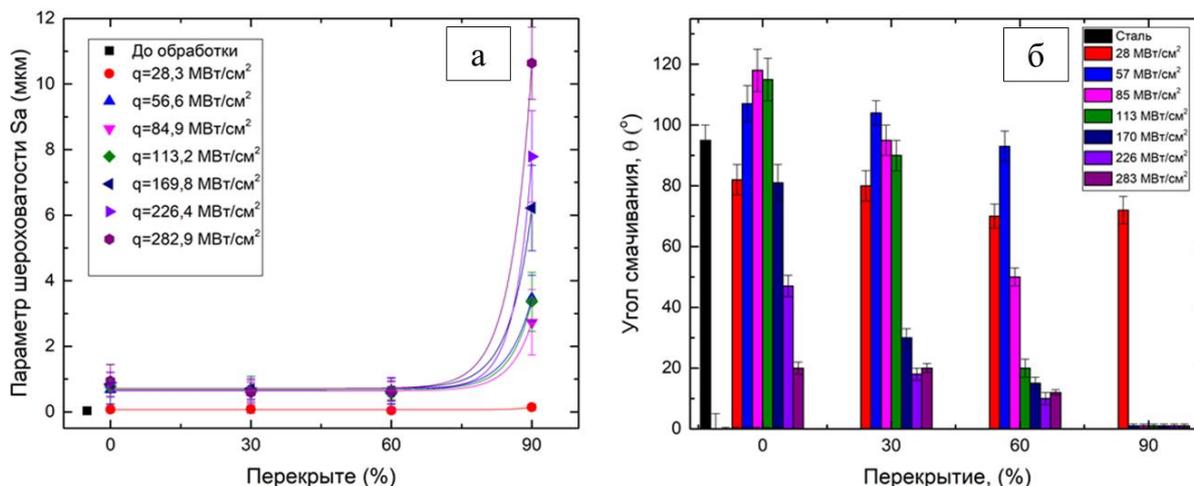


Рис. 1. Влияние режимов лазерного воздействия на а) шероховатость образцов; б) смачиваемость образцов

Как видно из графика, при перекрытиях импульсов до 60% параметр Sa практически не изменяется, однако, при перекрытии 90% параметр резко возрастает при всех плотностях мощности выше порога плавления. Данный рост связан с интенсивным испарением с поверхности материала и образованием развитого рельефа.

Смачиваемость образцов дистиллированной водой была исследована методом лежащей капли спустя 3 дня после лазерной обработки (рис. 1б). Из рисунка видно, что с увеличением плотности мощности и перекрытий угол смачивания образцов уменьшается и достигает 0° при перекрытиях 90%.

Оказалось, что с увеличением длительности пребывания образцов на воздухе контактный угол смачивания образцов постепенно изменяется и все образцы с перекрытиями от 0 до 60% перешли за 4 недели из гидрофильного состояния в гидрофобное. Для выявления причины изменения смачиваемости был сопоставлен химический состав поверхности образца с параметрами  $q=56,6 \text{ МВт/см}^2, M=60\%$  (рис.2 (а, б)).

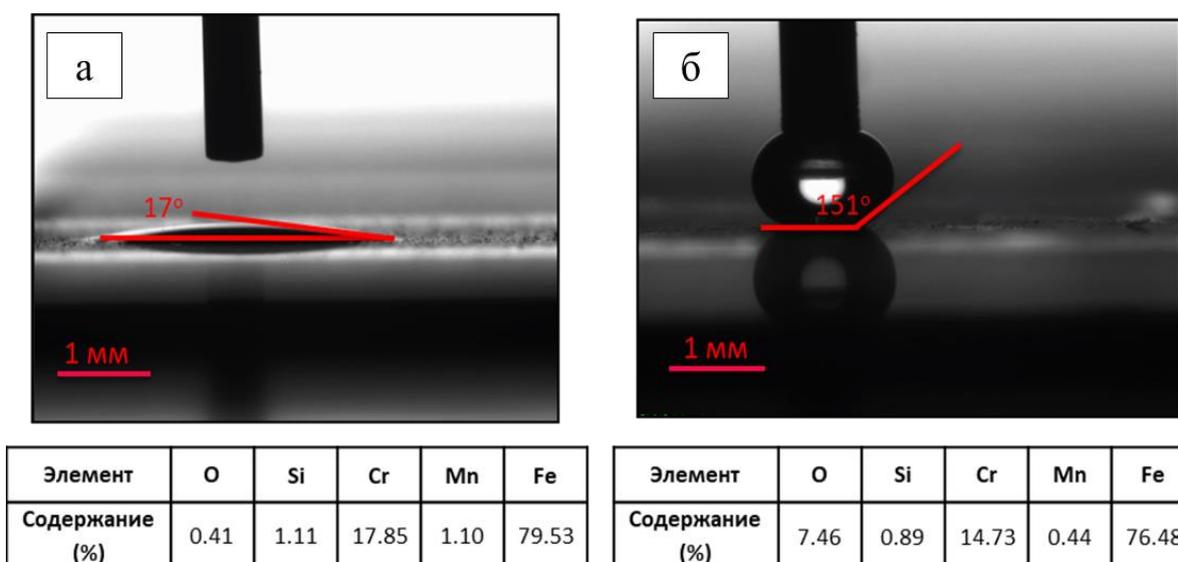


Рис. 2. Контактный угол смачивания и химический состав поверхности образцов а) спустя 1 день после лазерного структурирования; б) спустя 3 недели после лазерного структурирования

Сравнивая химический состав поверхности образца спустя 1 день и 3 недели после структурирования, можно заметить увеличение содержания кислорода более чем в 10 раз. Вероятнее всего, это связано с ростом оксидной пленки на поверхности образца, которая и является основной причиной изменения смачиваемости.

Таким образом, в данной работе был замечен резкий рост шероховатости поверхности при обработке лазерными импульсами с перекрытиями 90 %; показано, что с увеличением плотности мощности от 0 до 90% и перекрытий от 28 до 283 МВт/см<sup>2</sup> угол смачивания уменьшается от 120 до 0 градусов, а так же был рассмотрен эффект изменения смачиваемости поверхности с течением времени. В дальнейшем планируется исследовать смачиваемость образцов другими тестовыми жидкостями (масла, краски, биологические жидкости), а так же исследовать износостойкость и коррозионную стойкость и биообращение получаемых микроструктур.

### Литература

1. Liu Y. et al. Anti-icing property of bio-inspired micro-structure superhydrophobic surfaces and heat transfer model //Applied Surface Science. – 2017. – Т. 400. – С. 498-505.
2. Gittens R. A. et al. A review on the wettability of dental implant surfaces II: biological and clinical aspects //Acta biomaterialia. – 2014. – Т. 10. – №. 7. – С. 2907-2918.
3. Li L., Breedveld V., Hess D. W. Creation of superhydrophobic stainless steel surfaces by acid treatments and hydrophobic film deposition //ACS applied materials & interfaces. – 2012. – Т. 4. – №. 9. – С. 4549-4556.
4. Frank M. A., Boccaccini A. R., Virtanen S. A facile and scalable method to produce superhydrophobic stainless steel surface //Applied Surface Science. – 2014. – Т. 311. – С. 753-757.
5. Sun K. et al. Anti-biofouling superhydrophobic surface fabricated by picosecond laser texturing of stainless steel //Applied Surface Science. – 2018. – Т. 436. – С. 263-267.



**Залеская Юлия Константиновна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра световодной фотоники,  
группа № В3472

Направление подготовки: 11.03.02 – Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи

e-mail: jz15@mail.ru

**УДК 681.7.063**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОННЫХ  
БРЭГГОВСКИХ РЕШЁТОК С НАКЛОННЫМИ  
ШТРИХАМИ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЕФОРМАЦИИ**

**Ю.К. Залеская**

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

Применение волоконных брэгговских решеток (ВБР) в различных областях техники связано с рядом преимуществ, таких как: возможность подстройки необходимых параметров, стабильность работы таких решёток, активное изучение и исследование специальных структур решёток Брэгга. Одна из таких специальных структур – решетка показателя преломления с наклонными штрихами. Расположение штрихов под заданным углом наклона по отношению к поперечному сечению волокна, приводит к гораздо более сложному модовому воздействию [1, 2], как показано на рис. 1.

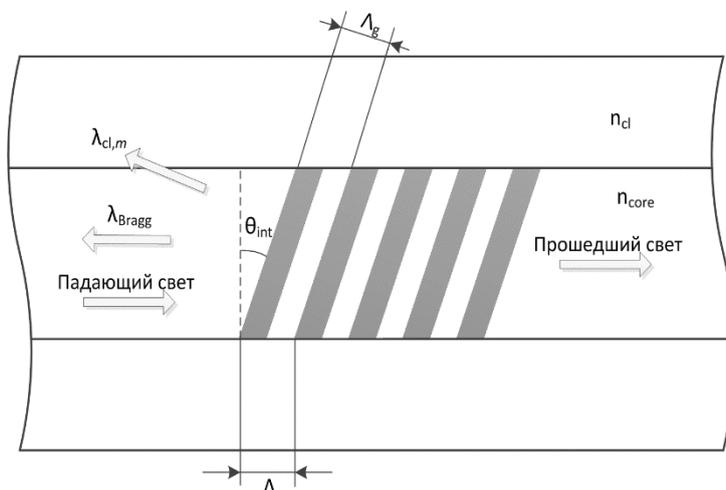


Рис. 1. Структурная схема НВБР

Помимо взаимодействия мод сердцевины, которые распространяются в прямом и в обратном направлениях, в наклонных волоконных решетках показателя преломления появляется взаимодействие мод сердцевины, распространяющихся в прямом направлении, и мод оболочки, распространяющихся в прямом и обратном направлениях. Также возникает взаимодействие моды сердцевины, распространяющейся в прямом направлении, и излучательной моды (при условии, что

диаметр волокна стремится к бесконечности). В связи с этим, спектр пропускания наклонной волоконной решетки Брэгга имеет множественные оболочечные резонансные пики. Для наклонных волоконных решеток показателя преломления с малыми углами наклона возникает мода, которая является результатом взаимодействия моды сердцевины и группы низших мод оболочки.

Был описан способ мониторинга резонанса моды сердцевины и резонанса моды, которая является результатом взаимодействия моды сердцевины и группы низших мод оболочки, в спектре пропускания волоконных решёток показателя преломления с наклонными штрихами, позволяющий разделять два воздействия, вызванные разными внешними факторами, например температурой и деформацией [1].

Целью данной работы является исследование применения волоконных решёток показателя преломления с наклонными штрихами для одновременного измерения температуры и деформации.

В данной работе запись решёток осуществлялась на модернизированном интерферометре Гальбота, в основную конструкцию которого добавлен поворотный держатель оптического волокна (ОВ). Изменяя угол поворота волокна  $\theta_{ext}$  при помощи поворотного держателя ОВ, относительно интерференционной картины, были получены наклонные волоконные решетки показателя преломления с различными углами наклона.

По данной методике была осуществлена запись НВБР в стандартное телекоммуникационное изотропное ОВ SMF-28 и волокно с повышенной фоторефрактивностью I-1. Увеличение уровня фоторефрактивности в волокне I-1 произведено путем увеличения концентрации диоксида германия в сердцевине волокна до 12 мол.% (в обычном волокне 3 мол.%). Для того, чтобы иметь возможность отслеживать не только изменение пика брэгговского резонанса, но и остальное множество пиков, соответствующих резонансам взаимодействию мод сердцевины и мод оболочки, регистрировался спектр пропускания

Эксперименты заключались, в первом случае – в постепенном увеличении нагрузки на волокно, а во втором случае – в постепенном нагревании волокна с наклонной волоконной решеткой показателя преломления.

Чтобы получить наглядный результат исследования применения НВБР для измерения двух различных величин воздействия, в ходе экспериментов была отслежена зависимость разницы смещения длин волн резонанса Брэгга и оболочечного резонанса при нагревании и натяжении наклонной волоконной решетки Брэгга.

Для этого были выведены на один график зависимости сдвига длин волн резонанса Брэгга и резонанса взаимодействия моды сердцевины и низшей моды оболочки для двух экспериментов: нагревания в термокамере и приложения натяжения к оптическому волокну.

Затем были объединены графики зависимостей для волокон SMF-28 и I-1 в один график (рис. 2), чтобы наглядно увидеть разницу зависимостей изменения разницы длин волн брэгговского резонанса и резонанса группы низших мод оболочки. При исследовании графика зависимостей был получен ожидаемый результат: коэффициенты наклона прямых зависимостей изменения разницы длин волн брэгговского резонанса и резонанса группы низших мод оболочки от температуры и растяжения различны, причем максимальное различие мы наблюдаем на прямой зависимости, соответствующей оптическому волокну с повышенным содержанием диоксида германия в сердцевине. Благодаря данному различию возможно различать два воздействия окружающей среды при помощи одной наклонной волоконной решетки показателя преломления.

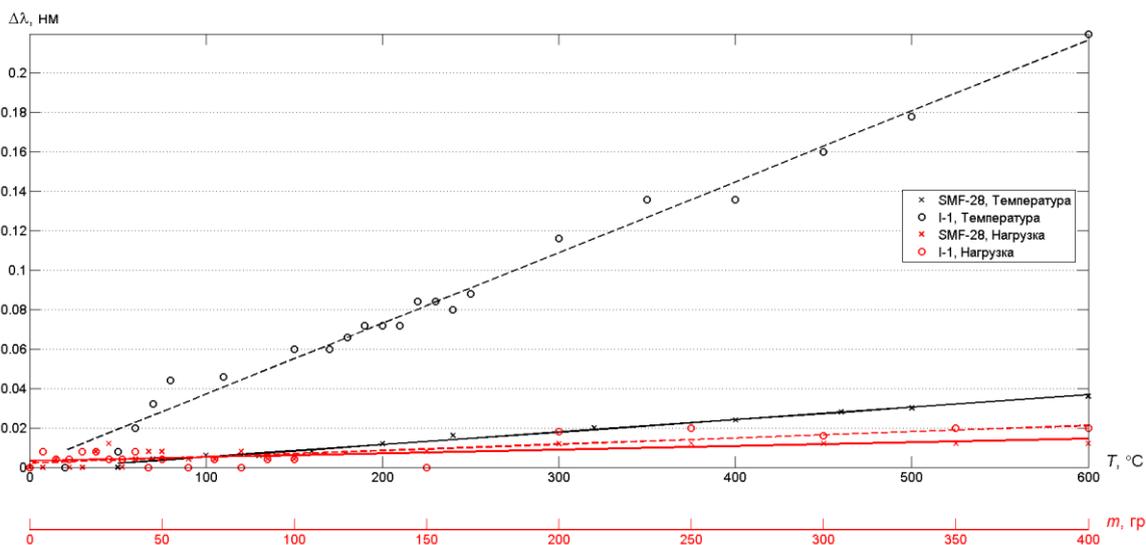


Рис. 2. Зависимость изменения разницы длин волн брэгговского резонанса и резонанса группы низших мод оболочки от температуры и растяжения

Таким образом, применение волоконных решёток показателя преломления с наклонными штрихами для одновременного измерения температуры и деформации может являться основным принципом для создания новых датчиков на основе наклонных волоконных решеток Брэгга, в которых для независимого измерения двух величин используется только одна наклонная волоконная решетка показателя преломления.

### Литература

1. Edmon Chehura, Stephen W. James, Ralph P. Tatam Temperature and strain discrimination using a single tilted fibre Bragg grating // Optics Communications. 2007. Vol. 275. Issue 2. 344-347.
2. Chen X. Optical fibre gratings for chemical and bio-sensing // Current Developments in Optical Fiber Technology InTech, 2013.



**Затеева Полина Андреевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра экономики и стратегического менеджмента,  
группа № U3447

Направление подготовки: 38.03.01 – Экономика

e-mail: Polyna-Vegas@mail.ru

**УДК 339.371.5.**

## **ПРОДВИЖЕНИЕ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТ-КОММУНИКАЦИЙ**

**П.А. Затеева**

**Научный руководитель – к.э.н., доцент Т.Н. Батова**

Среди товаров и услуг одними из самых непростых с точки зрения сбыта являются узкоспециализированные товары и услуги, привязанные к определенным категориям потребителей и направлениям использования. В выпускной квалификационной работе рассматривается одно направление – это оснащение музеев специализированным оборудованием.

На сегодняшний день лидером рекламы считается глобальная сеть интернет. Для продвижения товара или услуги необходимы интернет-коммуникации.

Актуальность данной темы обусловлена значимостью рекламы на товары и услуги с помощью интернет-продвижения. Продвижение в интернете рассматривается как отдельный инструмент маркетинга, который позволяет компаниям проводить полноценную рекламу в интернете.

Целью выпускной квалификационной работы является продвижение узкоспециализированной продукции на основе интернет-коммуникаций.

Для достижения поставленной цели выполняются следующие задачи:

- анализ деятельности ООО «Арт Текникс»;
- выявление современных способов интернет-продвижения;
- анализ маркетинговой деятельности ООО «Арт Текникс»;
- разработка мероприятий по продвижению продукции на основе интернет-коммуникаций.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе рассмотрены особенности узкоспециализированной продукции; выполнен анализ финансовых показателей деятельности ООО «Арт Текникс»; представлены потребители, конкуренты, партнеры.

Вторая глава посвящена выявлению и рассмотрению современных тенденций продвижения продукции; рассмотрены основные способы продвижения, их достоинства и недостатки, настройка, а также обоснована целесообразности их применения по состоянию интернета в России на 2017 год.

Третья глава посвящена практическому применению собранного материала на примере ООО «Арт Текникс»: проводится анализ маркетинговой деятельности, после чего дается оценка конкурентоспособности ООО «Арт Текникс», анализ модели сайта и целесообразности интеграции ООО «Арт Текникс» в электронный бизнес, разрабатываются мероприятия по развитию интернет-продвижения. Итогом является разработка мероприятий и рекомендаций по использованию средств интернет-

коммуникаций ООО «Арт Текникс».

На основании выполненного исследования делаются следующие выводы.

1. Объектом исследования выпускной квалификационной работы выступало ООО «Арт Текникс», занимающееся изготовлением и сбытом музейного оборудования в Санкт-Петербурге и Москве. ООО «Арт Текникс» относится к узкоспециализированному направлению. Проведен анализ деятельности компании, в ходе которого были рассмотрены и проанализированы финансовые показатели [1, 2]. Чистая прибыль ООО «Арт Текникс» с 2012 по 2016 гг. выросла на 83%. Выявлено, что финансовое состояние ООО «Арт Текникс» является устойчивым, а также существует перспектива роста.

2. Установлена полезность интернет-продвижения, проанализирован рост поисковых систем, а также выявлены основные способы интернет-продвижения. Среди всех каналов продвижения интернет занимает 53,2% рекламного рынка в России на 2017 год. Реклама в интернете имеет ряд особенностей, которые необходимы для продвижения, и является одним из элементов комплекса маркетинговых коммуникаций [2]. Лидерами поисковых систем для удобства настройки рекламы являются Яндекс и Mail, процент использования которых составляет 90-92%.

Выявлены основные способы интернет-продвижения для ООО «Арт Текникс»: SEO, SMM, таргетинг, ретаргетинг, контекстная и медийная реклама.

3. Проведен анализ маркетинговой деятельности ООО «Арт Текникс».

Выявлены сильные и слабые стороны компании. Сильные стороны – опыт работы на рынке более 9 лет, современное производственное оборудование, узнаваемость бренда, послепродажные услуги. Слабые стороны – отсутствие отдела маркетинга, отсутствие стратегии рекламной компании, высокая себестоимость, низкая рентабельность, работа только с государственными закупками.

На основе экспертных оценок был сделан вывод о том, что ООО «Арт Текникс» показывает высокий балл по сравнению с конкурентами в Санкт-Петербурге благодаря широте и качеству собственной продукции, элементу фирменного стиля, а также большому количеству высококвалифицированных работников в штате. На основании анализа конкурентоспособности предприятия были выявлены крупные конкуренты в Санкт-Петербурге: ООО «Раритет» и ООО «Музейное оборудование и сервис».

4. Разработаны мероприятия по продвижению продукции на основе интернет-коммуникаций. Для продвижения, повышения узнаваемости и раскрутки музейного оборудования ООО «Арт Текникс» целесообразно использовать SEO продвижение и SMM стратегию. Оптимизация повысит ТОП сайта и релевантность компании, а правильно выстроенная SMM стратегия найдет новых клиентов и повысит лояльность существующих. Это необходимо для выхода на желаемый высокий уровень продаж за счет вовлечения дополнительных потребителей.

Для того, чтобы расширить круг потребителей и вернуть потенциальных клиентов на сайт необходимо применить настройку таргетинга и ретаргетинга.

Помимо социальных сетей, необходимо поддерживать продвижение в поисковых системах контекстной и медийной рекламой [3].

Для автоматизации заказов и ведения полной аналитики необходима интеграция ООО «Арт Текникс» в электронный бизнес. Перейти с модели В2 на модель полной автоматизации В3.

Единовременные затраты на продвижение продукции ООО «Арт Текникс» составят в общей сумме 730 тысяч рублей. Если учитывать все критерии по затратам интернет-продвижения, они вырастут примерно в 5 раз. Прирост составит примерно 10-20%. С приростом в 15% чистая прибыль с учетом интернет-продвижения составит 1 454 тысяч рублей. Срок окупаемости единовременных затрат по предлагаемым мероприятиям  $\approx$  5 месяцев. В первые месяцы компания будет работать с

минимальными доходами за счет высокой стоимости продвижения, но в дальнейшем использование интернет-продвижения поможет подобрать целевую аудиторию, а также максимизирует прибыль.

### Литература

1. Бочаров В.В. Финансовый анализ: Методика оценки финансового состояния фирмы [Текст]/ В.В. Бочаров, Отдел финансового состояния и развития. – СПб.: Питер, 2005. – 240 с.
2. Соколов А.Н. Интернет в России: Состояние, тенденции и перспективы развития [Текст]/ А.Н. Соколов, Отдел научного сотрудничества и международных связей. – Москва: ИНИОН РАН, 2018. – 45 с.
3. Евдокимов Н.В., Лебединский И.В. Раскрутка веб-сайта: практическое руководство [Текст]/ Н.В. Евдокимов, Отдел веб-серверов и продвижения бизнеса. – Москва: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 288 с.



**Зименко Ксения Владимировна**

Год рождения: 1995

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: zksenia@yahoo.com

**УДК 67.05**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ**

**К.В. Зименко**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент М.Я. Афанасьев**

Основными направлениями развития в области проектирования станков с числовым программным управлением (ЧПУ) являются повышение скорости и точности обработки. Однако методы контроля разгона/торможения инструмента часто приводят к ошибке обработки, пропорциональной подаче. Следовательно, эти методы оказываются неэффективными при высокоскоростной обработке. С другой стороны, современное оборудование с ЧПУ показывает высокую точность и скорость обработки, а значит эффективные решения существуют. Однако они являются частью закрытого программного обеспечения, и в свободном доступе найти соответствующие библиотеки крайне трудно.

В работе предложена открытая реализация контроля траектории инструмента. Целью работы является реализация алгоритма оптимизации траектории при высокоскоростной обработке, включающего в себя контроль профиля скорости, формирование траектории и контроль скорости в углах.

Для формирования профиля скорости был выбран метод контроля разгона/торможения до интерполяции. Несмотря на требовательность метода к объемам вычислительных ресурсов и памяти, он позволяет добиться плавного профиля скорости инструмента. Благодаря тому, что этот метод не приводит к появлению ошибки обработки при высокоскоростной обработке, он применяется в большинстве современных установок с ЧПУ [1].

Традиционно применяется трапециевидный профиль скорости. Одной из главных проблем трапециевидного профиля является повышенная вибрация, возникающая при резком изменении ускорения. При этом, чем больше ускорение, тем больше сила, провоцирующая вибрацию. Поэтому требуется вносить строгие ограничения на величину ускорения, из-за чего невозможна высокоскоростная обработка.

Для минимизации вызванных большими значениями ускорения вибраций применен метод построения с помощью косинусоидальной функции. Этот подход позволяет создать сглаженный профиль движения без резких скачков ускорения [2]. Полученные профили ускорения и скорости представлены на рис. 1.

Так как траектория инструмента при обработке состоит из большого числа участков, а при индивидуальной обработке каждого кадра управляющей программы профиль скорости содержит излишние торможения инструмента, приводящие к замедлению обработки и ухудшению качества профиля полученных поверхностей, был реализован алгоритм сопряжения кадров. При формировании профиля скорости помимо текущего, анализируются соседние участки и полученный результат

подстраивается под общий профиль скорости, исключая полные торможения на границах кадров.

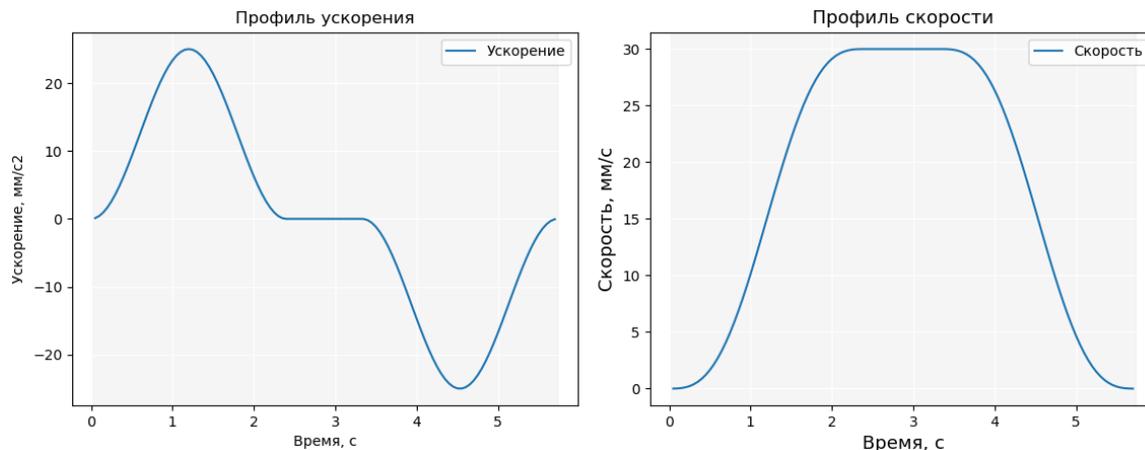


Рис. 1. Профили ускорения (слева) и скорости (справа) инструмента

В алгоритме реализована стратегия скругления углов во избежание излишних торможений инструмента. При скруглениях всегда возникает ошибка обработки, задача состояла в возможности регулирования ее величины. Системы ЧПУ используют сглаживания с помощью дуг окружностей или параметрических кривых, сплайнов. В силу того, что при использовании дуги окружности, невозможность изменения формы и размера полученной кривой ограничивает возможности обработки, в работе реализован метод построения сглаживания углов сплайнами.

Большинство источников предлагают построение кривых по 3 и 6 контрольным точкам [3]. Для формирования кривых необходимо указание параметров. Задача состояла в нахождении решения, требующее минимальное их число при сохранении достаточной гибкости – возможности изменения формы и величины скругления для соответствия требуемой точности обработки.

В работе применялись сглаживания кривыми по 6 точкам. В отличие от сплайнов по 3 точкам, имеется возможность задания и размера, и формы скругления. Для построения кривой требуется два параметра, а построение кривых более высоких порядков увеличивает число параметров и усложняет настройку системы ЧПУ. Также был реализован алгоритм снижения подачи при превышении допустимого ускорения.

В результате был получен алгоритм, позволяющий учитывать углы и сопряжения соседних блоков. Для примера приведен процесс построения траектории, состоящей из 4 участков, разделенных углами.

Вначале формируется траектория заданная и полученная со скруглениями (см. рис. 2 сверху слева). Выводится каждое скругление вблизи, подсчитывается ошибка обработки (см. рис. 2 внизу). Параллельно рассчитываются данные для построения профиля скорости: перемещения, допустимая скорость в углах и т. д. Наконец формируется профиль скорости (см. рис. 2 сверху справа).

В результате выполнения работы был получен рабочий алгоритм, позволяющий учитывать особенности обработки углов, полученный профиль скорости плавный и не вызывает излишних вибраций. Алгоритм по результатам выполнения соответствует функциям, предлагаемым в программном обеспечении современного оборудования с ЧПУ. В дальнейшем планируется обеспечить анализ круговых траекторий и движения инструмента по спирали.

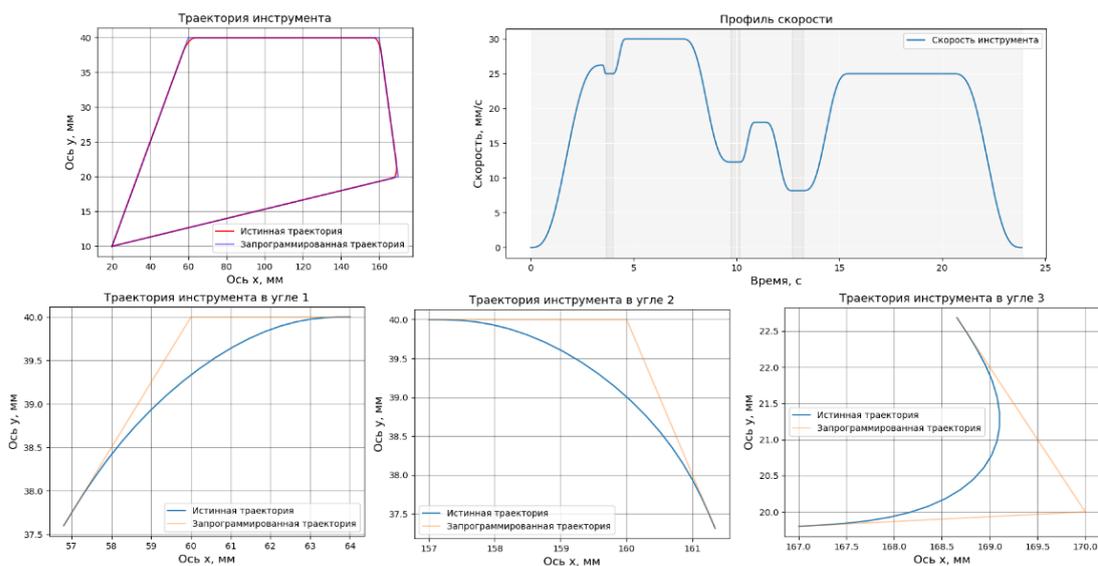


Рис. 2. Процесс анализа заданной траектории инструмента

## Литература

1. Suk-Hwan Suh. Theory and Design of CNC Systems / Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud. – Springer, London: Springer Series in Advanced Manufacturing. – 2008. – 508 с.
2. Huaizhong Li. Motion profile planning for reduced jerk and vibration residuals / Huaizhong Li, Wei Lin // SIMTech technical reports. – 2007. – № 8. – 31-37 с.
3. Burak Sencer. A curvature optimal sharp corner smoothing algorithm for high-speed feed motion generation of NC systems along linear tool paths / Burak Sencer, Kosuke Ishizaki, Eiji Shamoto // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – Vol. 74. – 5-8 с.



**Кагиян Ольга Арменовна**

Год рождения: 1997

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра финансового менеджмента и аудита,  
группа № U3424

Направление подготовки: 38.03.02. – Логистика

e-mail: olga.kagian@yandex.ru

**УДК 656**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**О.А. Кагиян**

**Научный руководитель - к.э.н., доцент В.В. Негреева**

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».

Оптимизация движения материальных потоков является актуальной для изучения бизнес-логистики, поскольку в настоящее время изменились ориентиры современного предпринимательства. Все больше внимания уделяется не только товару, но и качеству его доставки для поиска конкурентного преимущества – главного фактора в борьбе за рынок.

Несмотря на то, что логистика вошла в обиход почти повсеместно, это сравнительно молодая наука, только набирающая обороты развития в России, поэтому, сколько бы внимания вопросу оптимизации движения материальных потоков не уделяли авторы в своих научных трудах, данная тема требует дальнейшей проработки со стороны оценки эффективности функционирования системы управления материальными потоками предприятия.

Оптимизация движения материального потока в рамках грузоперевозок производилась на примере компании ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК), расположенный в г. Липецк. Ввиду обширной географии деятельности компании НЛМК и разветвленной сети перевозок, оценка эффективности транспортировки грузов осуществлялась по одному направлению – поставки стального проката в Стамбул (Турция). Выбранное направление грузопотока объясняется развитыми прямыми продажами на турецкий рынок, куда экспортируется до 20 % всей произведенной металлопродукции [4].

Поскольку транспортировка осуществляется на внешний рынок, используется мультимодальный способ перевозки (с помощью железнодорожного и морского транспорта по единому провозочному документу) [1]. С завода-изготовителя прокат доставляется по железной дороге в Туапсинский морской торговый порт, где перегружается на судно для дальнейшей отправки в Турцию. Поставки осуществляются ежемесячно, диапазон поставки составляет 30 000 – 44 400 т, а средний объем – 31 350 т. Суммарное время доставки – 23 дня.

На первый взгляд, цепь поставки сформирована полностью с интеграцией всех участников, способствующих продвижению товара. Отлаженная система продвижения грузового материального потока имеет оптимальные сроки при комбинировании таких видов транспорта как железнодорожный и морской. Однако следует оценить эффективность грузоперевозок в отношении объемов поставки и временного периода.

Для этого на основе данных о поставках металлопроката НЛМК в Турцию за 2015 – 2017 год был рассчитан коэффициент неравномерности (табл. 1).

Таблица 1

**Расчет коэффициента равномерности движения груза**

Показатели	2015 год		2016 год		2017 год	
	x	(x – xcp) <sup>2</sup>	x	(x – xcp) <sup>2</sup>	x	(x – xcp) <sup>2</sup>
I квартал	85 000	55 130 625	80 000	213 160 000	105 400	128 822 500
II квартал	112 200	391 050 625	74 400	408 040 000	76 400	311 522 500
III квартал	70 000	502 880 625	114 000	376 360 000	114 4000	414 122 500
IV квартал	102 500	101 505 625	110 000	237 160 000	80 000	197 402 500
Итого	369 700	1 050 567 500	378 400	1 234 720 000	376 200	1 051 870 000
Среднее значение	92 425	-	94 600	-	94 050	-
Коэффициент вариации, %	31,25	-	30,53	-	30,71	-
Коэффициент равномерности, %	68,75	-	69,47	-	69,29	-

Источник: Составлено автором

По данным таблицы 1, при рассмотрении грузоперевозок по турецкому направлению в динамике за последние 3 года, обнаруживается проблема неравномерности движения потоков, на что указывает высокий процент коэффициента вариации (>25 %). Обращая внимание на то, что поставки в Турцию для компании имеют важное и приоритетное значение, необходимо пересмотреть объемы и частоту грузоперевозок компании для разработки рекомендаций по оптимизации движения материального потока.

Оптимизация мультимодальной перевозки будет заключаться в предложениях, способствующих равномерности движения материального потока, путем укрупнения объемов партий и уменьшения периодичности отправки. Рекомендуется изменить частоту транспортировки с ежемесячной (раз в месяц) на ежеквартальную (раз в три месяца). Вследствие этого следует увеличить объем партии до 90 000 – 100 000 тонн. Это предполагается достигнуть следующим образом: заменить транспортировку по железной дороге 4-осными крытыми вагонами с грузоподъемностью 68 т на 8-осные крытые вагоны с грузоподъемностью 125 т; организовать транспортировку по морю на не судах Handysize (Хендисайз) дедвейтом 35 000 тонн, а на судах Panamax (Панамакс) дедвейтом 100 000 тонн. Изменение объемов транспортируемого груза и характеристик транспортных средств увеличат срок доставки на 6 суток, поскольку увеличится время доставки всего объема груза по железной дороге и время загрузки судна, но это вполне приемлемо при изменившемся графике доставки.

Чтобы оценить, как предложенные рекомендации повлияли на выравнивание материального потока, спрогнозируем объемы транспортировки на ближайшие три года и оценим их равномерность (табл. 2).

**Прогноз новой схемы поставок на 2018 – 2020 год**

Показатели	2018 год		2019 год		2020 год	
	x	(x – хср) <sup>2</sup>	x	(x – хср) <sup>2</sup>	x	(x – хср) <sup>2</sup>
I квартал	90000	14 062 500	95 000	1 562 500	90 000	1 562 500
II квартал	100 000	39 062 500	90 000	14 062 500	90 000	1 562 500
III квартал	95 000	1 562 500	90 000	14 062 500	95 000	14 062 500
IV квартал	90 000	14 062 500	100 000	39 062 500	90 000	1 562 500
Итого	375 000	68 750 000	375 000	68 750 000	365 000	18 750 000
Показатели	2018 год		2019 год		2020 год	
	x	(x – хср) <sup>2</sup>	x	(x – хср) <sup>2</sup>	x	(x – хср) <sup>2</sup>
Среднее значение	93 750	–	93 750	–	91 250	–
Среднеквадратическое отклонение	4 145,78	–	4 145,78	–	2 165,06	–
Коэффициент вариации, %	4,4221	–	4,4221	–	2,3726	–
Коэффициент равномерности, %	95,5779	–	97,5779	–	97,5779	–

Источник: Составлено автором

Данная ситуация в корне отличается от той, которая существовала на предприятии. По расчетам прогнозируемых поставок в таблице 2 видно, что значение показателя равномерности поставок >90 %, поэтому является оптимальным. Это характеризует высокий уровень равномерности поставок, который к тому же имеет тенденцию к возрастанию.

Таким образом, оптимизация движения материального потока Новолипецкого металлургического комбината, заключалась в разработке нового графика поставок – перехода с ежемесячных поставок на ежеквартальные с почти фиксированным объемом партии отправки. Для этого потребовалось изменить выбранные для перевозки транспортные средства не по виду, а по качественным характеристикам: привлечь железнодорожные вагоны и судно, обладающие большей грузоподъемностью. В результате удалось выровнять движение материальных потоков более чем на 25 %, что подтвердил анализ коэффициента равномерности. Дальнейшим направлением развития этой проблемы станет выявление рисков по предложенным рекомендациям и способы их устранения, а также отражение новой схемы доставки на ее стоимости. Можно предположить, что транспортные расходы должны сократиться, поскольку сработает экономия за счет масштаба грузоперевозки: распределение стоимости простоев, погрузочно-разгрузочных работ, а также административных и эксплуатационных расходов будет происходить на укрупненный груз; снизятся транспортные тарифы из-за увеличения партии; снизится частота таможенного оформления, уплата пошлин и налогов [2, 3].

### Литература

1. Мурзабекова К.А., Нурахметова Б.Б. Логистический подход к управлению мультимодальными перевозками / Материалы XLI Международной научно – практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева на тему: «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», том 2 – 2017 г.

2. Пилявец О.Г. Логистический подход к управлению материальными потоками на примере перевозок осуществляемых железнодорожным транспортом/ О.Г. Пилявец // Мир экономики и права, №9 – 2014.
3. Соби́на, А. С. Организационные принципы транспортировки / А. С. Соби́на // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник» / М-во образования и науки РФ, Урал. гос. лесотехн. ун-т, Урал. отд-ние секции наук о лесе Рос. Акад. естеств. наук, Урал. лесной технопарк; ред. С. В. Залесов [и др.]. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 149–151.
4. Официальный сайт Группы НЛМК [Электронный ресурс]/ <https://nlmk.com/ru/> (дата обращения 17. 06.2018)



**Карпова Анастасия Андреевна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра световых технологий и оптоэлектроники,  
группа № В3432

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: va7059va@yandex.ru

**УДК 53.01**

**ВЛИЯНИЕ КУЛОНОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОСИТЕЛЕЙ  
ЗАРЯДА В ВОЛНОВОДНОЙ ОБЛАСТИ НА ПОРОГ  
ИНВЕРСИИ ЛАЗЕРА НА КВАНТОВЫХ ЯМАХ**

**А.А. Карпова**

**Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Г.Г. Зегря**

Одной из важнейших характеристик полупроводникового лазера является выходная мощность вынужденного излучения, которая определяется внутренним квантовым выходом, зависящим от скоростей излучательного и безызлучательных процессов рекомбинации. К безызлучательным процессам в квантоворазмерных гетероструктурах можно отнести Оже-рекомбинацию (ОР) электрона и дырки, локализованных в квантовых ямах (КЯ) [1, 2]. В работе [3] был исследован процесс такой ОР в лазере на квантовых точках, при котором энергия рекомбинации локализованных электрона и дырки передается носителю заряда в волноводной области. Было показано, что данный процесс оказывает значительное влияние на плотность порогового тока, уменьшает квантовую эффективность и ограничивает выходную мощность лазера. Однако аналогичный процесс в лазере на квантовых ямах в научной литературе не рассмотрен.

В настоящей работе предложен и исследован новый механизм потерь в лазерах на квантовых ямах. Данный механизм основан на электрон-электронном взаимодействии носителей заряда в квантовых ямах и волноводной области. Задачей исследования являлось вычисление скорости и коэффициента данного процесса для квантовых ям гетероструктуры  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$  шириной 20 – 100 Å при температуре 300 К. Для такого состава разрывы зон на гетерогранице  $\sqrt{E}_c = 0.22$  эВ,  $\Delta E_v = 0.38$  эВ. Легко показать, решая уравнение Пуассона, что за счет теплового выброса происходит перераспределение электронов между квантовыми ямами и волноводной областью.

Для описания волновых функций и энергетического спектра носителей заряда была использована четырехзонная модель Кейна, основанная на кр-методе и позволяющая получить в явном виде выражения для энергетических спектров и волновых функций носителей заряда. На основе полученных результатов в рамках первого порядка теории возмущений по электрон-электронному взаимодействию были рассчитаны скорость и коэффициент исследуемого процесса ОР.

На рис. 1 продемонстрировано принципиальное различие переходов электронов при СНСС- и исследуемом процессах ОР.

На рис. 1 схеме перехода электрона при исследуемом Оже-процессе соответствует красный цвет.

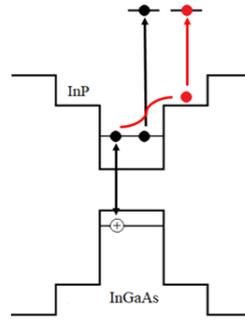


Рис. 1. Схемы перехода носителей заряда при ШСС- и исследуемом Оже-процессах

Выражение для скорости процесса ОР имеет вид:

$$G = \frac{2\pi}{h} \sum_{k_1, k_2, k_3, k_4} \langle M^2 \rangle f_1 f_2 (1 - f_3) (1 - f_4) \delta(E_3 + E_4 - E_1 - E_2). \quad (1)$$

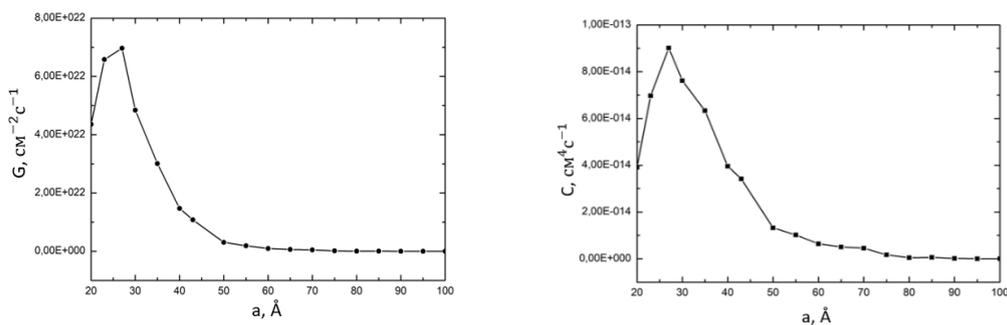
где  $\langle M^2 \rangle$  – просуммированный по всем спиновым переменным матричный элемент,  $f_1$ ,  $f_2$  и  $f_3$ ,  $f_4$  – функции распределения носителей в начальном и конечном состояниях,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$  – энергии носителей заряда в начальном и конечном состояниях.

Коэффициент ОР связан со скоростью процесса соотношением:

$$G = C n_b n_{QW}^{2D} p_{QW}^{2D}, \quad (2)$$

где  $n_b$ ,  $n_{QW}^{2D}$  и  $p_{QW}^{2D}$  – двумерные концентрации носителей заряда в барьерной области и в квантовых ямах.

На рис. 2 (а), (б) представлены зависимости скорости и коэффициента ОР от ширины квантовой ямы.



аб

Рис. 2. а – скорость, б – коэффициент исследуемого процесса ОР при ширине квантовой ямы 20 – 100 Å и температуре 300 К

Как видно на рисунке 2(а), скорость Оже-процесса является немонотонной функцией от ширины квантовой ямы. Расчет скорости излучательной рекомбинации без учета спин-орбитального взаимодействия при тех же значениях ширины квантовой ямы позволил установить, что скорость излучательной рекомбинации превышает

скорость исследуемого Оже-процесса при ширине квантовой ямы большей, чем  $80 \text{ \AA}$ .

Зависимость коэффициента ОР от ширины квантовой ямы на рисунке 2(б) имеет ярко выраженный пик, что объясняется сильным перекрытием волновых функций. Немонотонность коэффициента ОР связана с немонотонной зависимостью интеграла перекрытия волновых функций локализованных носителей заряда от ширины квантовой ямы.

В настоящей работе рассмотрен новый процесс ОР в лазерах на квантовых ямах с участием носителей заряда в волноводной области, существенно влияющий на пороговые и ватт-амперные характеристики лазера при высоких уровнях возбуждения. Определено, что существует критическая концентрация носителей в барьерной области, при которой происходит срыв генерации лазера. Для улучшения пороговых характеристик лазеров, излучающих в диапазоне длин волн  $1.3 - 1.55 \text{ мкм}$ , необходимо подобрать такую структуру, которая обеспечит полную локализацию носителей в квантовой яме.

### Литература

1. Polkovnikov A. S., Zegrya G. G. Auger recombination in semiconductor quantum wells // *Physical Review B*. – 1998. – Т. 58. – №. 7. – С. 4039.
2. Zegrya G. G., Polkovnikov A. S. Mechanisms of Auger recombination in quantum wells // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. – 1998. – Т. 86. – №. 4. – С. 815-832.
3. Solov'ev I. Y., Zegrya G. G. Nonradiative recombination in quantum dots via Coulomb interaction with carriers in the barrier region // *Applied physics letters*. – 2003. – Т. 82. – №. 16. – С. 2571-2573.



**Костюгин Сергей Андреевич**

Год рождения: 1997

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3430

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: kostyug@gmail.com

**УДК 664.144**

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУФЛЕ ИЗ ТОПЛЕННОГО МОЛОКА**

**С.А. Костюгин**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова**

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

Современный человек, по причине большой занятости и интенсивного жизненного ритма все меньше уделяет время полноценному обеду, заменяя его перекусами, которые не всегда содержат в своем составе нутриенты, необходимые для поддержания постоянства внутренней среды организма. Суфле – взбитый десерт, для изготовления которого следует использовать сырье, богатое нутриентами. Одним из таких продуктов является молоко – продукт животного происхождения, содержащий большое количество белка в составе и молочного жира, который легко усваивается организмом [1].

Первым этапом был подбор молочной основы – топленого молока, обладающего специфическим сладковатым вкусом и запахом, которые образуются благодаря реакции меланоидинообразования во время топления молока, а красивый кремовый оттенок топленого молока будет положительно сказываться на потребительских свойствах конечного продукта. Далее были произведены подбор стабилизаторов и их доз внесения, в качестве которых были выбраны желатин и сухая пахта; также был выполнен подбор и дозы внесения наполнителей, которыми выступили хурма – благодаря необычному вкусу сможет усилить специфический привкус продукта, а так же повысит его биологическую ценность и хитозан (кислоторастворимый и водорастворимый) производства ООО "БИОПРОГРЕСС" – выбор был основан на многочисленных полезных свойствах этого вещества, которые намеренно хотелось передать готовому продукту [2].

Приготовление образцов велось следующим образом: в холодное топленое молоко вносился заранее подготовленная пахта в рассчитанном количестве. Затем смесь нагревали до температуры 40°C до полного растворения белка. В течение нагревания смесь перемешивали для равномерного распределения компонента по всей массе топленого молока. Затем смесь охлаждали до температуры (10 ± 2) °С, вносили подготовленный пищевой желатин в количестве 3,0% и выдерживали 10 минут. Затем смесь нагревали до 60°C до полного растворения желатина. Во время нагревания смесь необходимо перемешивать для распределения желатина по всей массе топленого молока. Хурма (10, 20 %) и хитозан (0,8 %) вносились при температуре 60°C. Затем смесь охлаждали до температуры (10 ± 2)°С. После охлаждения взбивали до крепких

пиков при разных мощностях. Была разработана рецептура, представлена в табл. 3. В полученных образцах исследовали физико-химические показатели (табл. 1) и взбитость (табл. 2).

Таблица 1

**Физико-химические показатели готового продукта**

Образцы	Кислотность, °Т	pH
Без наполнителя (w=800)	2,4	6,79
Без наполнителя (w=800)	2,6	6,8
С наполнителем 10 %	2,8	6,55
С наполнителем 20 %	2,8	6,61
С водорастворимым хитозаном	3,6	–
С кислоторастворимым хитозаном	1,8	–

Таблица 2

**Показатели взбитости готового продукта**

	Образцы					
	Без наполнителей		С наполнителем		С хитозаном	
	(w=800)	(w=1300)	10%	20%	Водорастворимый	Кислоторастворимый
Объем до взбивания, г	313	313	343	403	315,4	315,4
Объем после взбивания, г	1158,1	1189,4	1097,6	1370,2	788,5	1261,6
Взбитость, %	370	380	320	340	250	400

Таблица 3

**Варианты разработанных рецептов суфле**

Компонент	Расход сырья, г			
	Без наполнителей	С наполнителем		С хитозаном (водорастворимым/ кислоторастворимым)
		10%	20%	
Вариант рецептуры	№1	№2	№3	№4
Топленое молоко (ГОСТ 31450-2013)	300	300	300	300
Пахта (ГОСТ Р 53513-2009)	3	3	3	3
		10%	20%	
Желатин (ГОСТ 11293-89)	9	9	9	9
Хурма (ГОСТ Р 54682-2011)	–	30	60	–
Хитозан (ГУ 9289- 067-00472124-03)	–	–	–	2,4
Итого	312	342	369	314,4

Выполнен расчет пищевой, биологической и энергетической ценностей продукта, которая составила в среднем 76 ккал/317,4 кДж. А так же было выявлено, что продукт является биологически полноценным.

Установлена возможность и целесообразность разработки суфле на молочной основе, обогащенного нутриентами растительного и животного происхождения. В качестве молочной основы для производства суфле было выбрано топленое молоко жирностью 3,2% придающее суфле специфический вкус и цвет. Для формирования взбитой структуры суфле на основании результатов исследований был выбран стабилизатор желатин с дозой внесения 3%, который давал хорошую, устойчивую взбитую структуру. Для повышения биологической полноценности был введен молочный компонент пахта с дозой внесения 1% придавший приятные органолептические свойства. Для получения новых органолептических свойств при составлении рецептуры был введен наполнитель хурма, в количестве 10% и 20%. Введение наполнителя больших доз применять не рекомендуется, т.к. перебивается вкус топленого молока. Исследовалась возможность применения хитозана (кислоторастворимый и водорастворимый) при выработке суфле. На основании исследований была установлена доза 0,8 %. Исследования взбитости показало, что кислоторастворимый повышает взбитость смеси до 400 %, водорастворимый дает взбитость продукта 250 %. Введение водорастворимого хитозана увеличивало срок хранения суфле. На основании полученных результатов была разработана рецептура суфле на основе топленого молока с различными наполнителями.

### Литература

1. Калинина, Л. В. Технология цельномолочных продуктов [Текст]: Учебное пособие. – СПб.: ГИОРД, – 2008. – 248 с.
2. Di Pierro, P., Chico, B., Villalonga, R., Mariniello, L., Damiao, A. E., Masi, P., et al. (2006). Chitosan-whey protein edible films produced in the absence or presence of transglutaminase: analysis of their mechanical and barrier properties. *Biomacromolecules*, 7, 744-749.



**Крутякова Анастасия Алексеевна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра систем управления и информатики,  
группа № Р3435

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника  
и робототехника

e-mail: naskru@mail.ru

**УДК 004.896**

**АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ И МОБИЛЬНЫМ  
РОБОТОМ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ**

**А.А. Крутякова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.В. Литвинов**

В работе рассмотрена задача управления квадрокоптером и мобильным роботом для их совместной работы по обнаружению искомого объекта. Существуют решения для автономного управления роботами, а также различные алгоритмы определения объекта на изображении [1, 2].

Цель работы – разработка алгоритма управления квадрокоптером и мобильным роботом, позволяющего находить в пространстве определенный объект и доезжать до него по земле. Для достижения цели в работе были поставлены следующие задачи:

- выбор алгоритма идентификации искомого объекта квадрокоптером;
- разработка алгоритма обмена информацией между квадрокоптером и мобильным роботом;
- разработка алгоритма формирования команды мобильному роботу.

В качестве алгоритма идентификации искомого объекта квадрокоптером был выбран детектор границ Кэнни [3]. Работа оператора происходит в пять шагов. Первый этап – это сглаживание изображения с помощью фильтра Гаусса (рис. 1).

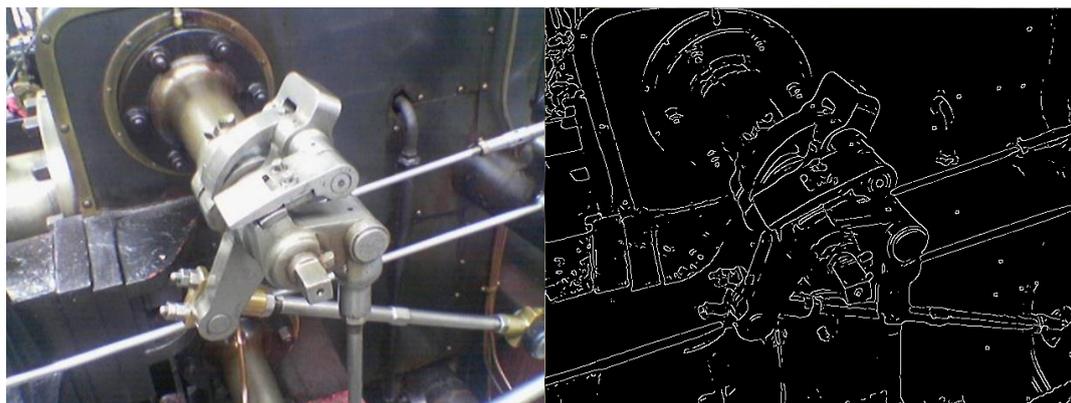


Рис. 1. Результат применения оператора Кэнни к изображению

Следующим шагом является нахождение градиентов с использованием оператора Собеля. Далее происходит подавление не-максимумов: все пиксели, которые не являются максимумами градиента в направлении вектора градиента, подавляются, а пиксели, имеющие наибольшее значение, останутся. Далее при помощи двух порогов происходит фильтрация неподдавленных пикселей. Если значение выше верхней границы, то пиксель считается финальным контуром, если его значение ниже нижнего

порога – то он подавляется. Пиксели, значения которых попадают в диапазон между двумя границами, считаются неоднозначными и их значение уточняется на последнем шаге: трассировке областей неоднозначности. Если неопределенный пиксель соприкасается с уже определенным контуром, то он считается границе, если нет – то он подавляется.

Для удобства восприятия система управления была разработана функциональная схема алгоритма (рис. 2).

Бортовой компьютер квадрокоптера БКК выполняет следующие задачи: он принимает команды от электронно-вычислительной машины ЭВМ, передает навигационные данные, полученные от системы навигации СН, и кадры с фронтальной камеры ФК, которые в дальнейшем анализируются на электронно-вычислительной машине ЭВМ системой идентификации объекта СИО. Также бортовой компьютер квадрокоптера БКК управляет двигателями квадрокоптера ДК и снимает параметры полета с блока датчиков квадрокоптера БДК.

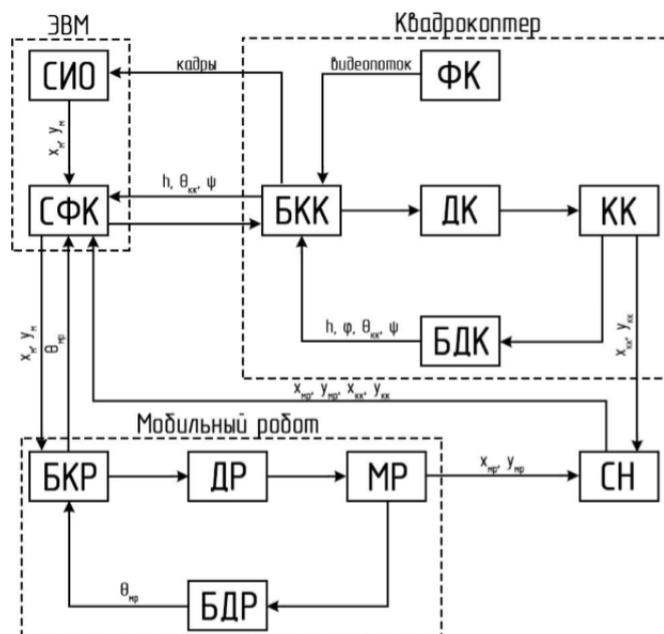


Рис. 2. Общая функциональная схема системы обнаружения искомого объекта

Бортовой компьютер мобильного робота БКР в свою очередь также принимает команды от электронно-вычислительной машины ЭВМ, также передает навигационные данные, полученные от системы навигации СН. Он аналогично управляет двигателями мобильного робота ДР и принимает параметры движения с блока датчиков мобильного робота БДР.

Для того, чтобы значительно снизить помехи в определении координат, квадрокоптер, оснащенный GPS регистратором полета, при нахождении требуемых объектов, будет какое-то время неподвижно замирать над ним, чтобы получить достаточное количество данных от GPS и в дальнейшем занести в качестве финальных координат объекта усредненное значение. После того, как мы определили собственные координаты квадрокоптера, можно приступить к поиску и определению координат искомого объекта.

Квадрокоптер взлетает и начинает свое движение по заранее заданной траектории. Нижняя камера квадрокоптера непрерывно ведет съемку, отправляет свои данные на бортовой компьютер квадрокоптера, который в свою очередь отправляет видеопоток на ноутбук оператору, где происходит анализ полученных кадров.

Самым простым способом проанализировать полученный контур, будет сравнение его с контуром искомого объекта, полученного ранее. Если на обработанном изображении находится совпадение, то квадрокоптер передает оператору на ноутбук координаты точки нахождения искомого объекта.

После того, как квадрокоптер обнаружил искомый объект, возникает необходимость вычисления местоположения этого объекта. При обнаружении объекта, квадрокоптер зависает над ним и начинает передавать координаты своего местоположения на ноутбук оператора. Координаты поступают на ноутбук с бортового компьютера квадрокоптера, где записываются, а после получения необходимого количества значений – вычисляется среднее. Таким образом, в памяти ЭВМ записаны координаты объекта. Для вычисления перемещения, которое необходимо совершить мобильному роботу, достаточно вычесть из координат объекта координаты мобильного робота. После того, как ЭВМ получила среднее значения координат искомого объекта, а также вычислила перемещение, которое необходимо совершить мобильному роботу, запускается программа, которая формирует команду мобильному роботу, а после – по Wi-Fi каналу передается на бортовой компьютер мобильного робота.

После того как движение было совершено, мобильный робот посылает на ноутбук оператора сообщение, что объект обнаружен и «захвачен» и можно завершить выполнение алгоритма.

### Литература

1. Живрин Я. Э., Алкзир Н. Б. Методы определения объектов на изображении // Молодой ученый. — 2018. — №7. — С. 8-19.
2. Сакович И.О., Белов Ю.С. Обзор основных методов контурного анализа для выделения контуров движущихся объектов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 12.
3. JOHN CANNY, A Computational Approach to Edge Detection – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: [http://perso.limsi.fr/Individu/vezien/PAPIERS\\_ACS/canny1986.pdf](http://perso.limsi.fr/Individu/vezien/PAPIERS_ACS/canny1986.pdf).



**Кузык Карина Игоревна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра финансового менеджмента и аудита,  
группа № U3424

Направление подготовки: 38.03.02 – Менеджмент, логистика

e-mail: kuzykarina@gmail.com

**УДК 658.783**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
КОМПАНИИ ЗА СЧЁТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ**

**К.И. Кузык**

**Научный руководитель – к.э.н., доцент В.В. Негреева**

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»

Данная тема довольно актуальна на сегодняшний день, так как эффективное управление запасами приводит предприятие к успешному ведению бизнеса и повышает его конкурентоспособность. Основная цель данной работы заключается в анализе запасов и методов управления ими на предприятии АО «Ростерминауголь», а также в разработке предложений для повышения эффективности компании.

Запасы – это материальная продукция, ожидающая вступления в процесс производственного потребления, продажи или личного потребления [1]. Основная цель создания заключается в обеспечении бесперебойной работы предприятия. Исходя из характера, потребностей и видов запасов на предприятии, менеджером выбирается определённая система или метод для управления [2].

АО «Ростерминауголь» (РТУ) – специализированный угольный терминал, который обеспечивает автоматизированную перевалку угля с железнодорожного транспорта на морской, хранение угля, а также услуги по оказанию таможенного оформления документации [3]. При помощи вагоноопрокидывателей уголь выгружается. Далее происходит переработка угля и его транспортировка по территории терминала, либо на склад, либо к причалу для погрузки на судно.

Таблица 1

**Удельный вес запасов в объеме оборотных активов**

Показатели	2017		2016		2015	
	конец года	начало года	конец года	начало года	конец года	начало года
Оборотные активы	5020424	8191529	8191529	3491433	3491433	1869899
Запасы	546893	351412	351412	324084	324084	281807
Удельный вес	10,8934	4,28994	4,28994	9,28226	9,28226	15,0707

Источник: Составлено автором

Грузооборот компании увеличивается с каждым годом, вследствие этого на складе стали увеличиваться запасы. В табл. 1 представлен анализ запасов на предприятии, где видно, что за последний год запасы увеличились на 6,6%.

Увеличение запаса является довольно серьезной проблемой, поэтому необходимо определить причину. Уголь является мобильным запасом, так как он всегда в движении и в нем не происходит иммобилизации ресурсов, поэтому запасы должны максимально оборачиваться [4]. Следующим шагом в анализе запасов был расчет коэффициента оборачиваемости запасов (табл. 2).

Таблица 2

#### Показатели оборачиваемости запасов и их отклонения

Наименование показателя	2015	2016	2017	Отклонение 2015 к 2017		Отклонение 2016 к 2017	
				абс.	отн.	абс.	отн.
ТЗ <sub>СР</sub> , тыс.руб.	302945	337748	449153	146208	148,26	111405	132,98
Т <sup>одн</sup> , тыс.руб	8849,5	15394	17329	8479,5	195,82	1935	112,57
Д <sub>ОБ</sub> , дн.	34	22	26	-8	76,47	4	118,18
К <sub>ОБ</sub> , раз	11	16	14	3	127,27	-2	87,50

Источник: Составлено автором

Проанализировав данные, представленные в таблице, можно сделать вывод, что почти все показатели возросли, так как с каждым годом увеличивается объем перевалки угля. Но, несмотря на это, одна из причин увеличения запасов на предприятии связана со снижением показателей оборачиваемости угля и временем обращения запасов. Эти показатели являются довольно важными в деятельности компании.

На данный момент терминал имеет систему управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами и уголь поставляется один раз в два дня. Несмотря на данную систему, терминал имеет проблему с увеличением уровня запаса на складе. Предприятие старается проводить разгрузочно-погрузочные работы, минуя склад, но в последнее время это не всегда получается. Благодаря найденным отклонениям рассчитанных показателей, а также изучению специфики и нюансов в деятельности терминала, можно предложить ряд предложений по улучшению экономической эффективности предприятия:

1. Внедрение системы «точно в срок».
2. Внедрение системы SAP ERP.

Для определения эффективности предложенных мероприятий спрогнозируем конкретную ситуацию. Предприятие к концу мая получило заказ для перевалки угля 96458 тонн угля, для экспорта в Турцию. При существующей системе, в среднем уголь поступает около 77500 тонн в одну поставку, поэтому 21 мая на терминал пришло 77500 тонн угля. Время разгрузочно-погрузочных работ составляет 2154 тонн в час (табл. 3).

**Эффективность системы «Точно в срок»**

Показатели	До мероприятий	После мероприятий
Время	68 часов	44 часа
Затраты	29035,53 тыс.руб.	20834,93 тыс.руб.

Источник: Составлено автором

Таким образом, при внедрении системы «точно в срок» предприятие сможет значительно снизить издержки и время разгрузочно-погрузочных работ. На рассмотренном примере, мы выявили, что экономия составляет 8200,6 тыс. руб. и экономия времени почти на сутки. Также это значительно сократит простой вагонов и судов, хранение запасов на складе.

Для внедрения системы должна быть хорошо налажена работа отдела планирования, который будет точно и четко координировать количество поставок. Информационная система SAP ERP - система, позволяющая объединить хозяйственные процессы производства, закупки и сбыта продукции предприятия. На внедрение этой системы предприятие затратит 8431880 рублей, но благодаря росту производительности труда, экономия составит 7107240 рублей в год.

Таким образом, все эти мероприятия помогут снизить и контролировать уровень запасов на складе и тем самым повысить эффективность предприятия. На основе предложенных мероприятий изменяются модели поставок, что позволяет координально изменить стратегию управления предприятия [5].

**Литература**

1. Гаджинский А. М. Г 13 Логистика: Учебник - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2014. — 484 с.
2. Григорьев М.Н. Логистика. Продвинутый курс в 2 т.: учебник для бакалавриата и магистратуры-М.: Издательство Юрайт,2016 г. – 341 с.
3. Официальный сайт компании АО «Ростерминауголь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oao-rtu.ru/>
4. Щербаков В.В. Логистика и управление цепями поставок от профессиональных компетенций к возможностям бизнеса // Интегрированная логистика. – М., 2013. – 582 с.
5. Аникин Б.А., Родкина Т.А. Основы логистики// Логистика. Теория и практика. – М., 2015. – 355 с.



**Лабчук Татьяна Сергеевна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: tanja.labchuk@rambler.ru

**УДК 621.9.067**

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТЬЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Т.С. Лабчук**

**Научный руководитель – к.т.н. Ю.С. Андреев**

Существенной вехой в области развития автоматизации производств можно считать внедрение промышленных роботов. Широкое их использование позволяет осуществлять переход от выпуска одного вида продукции на выпуск другого практически только путем изменения управляющих программ. Следует отметить, что одним из важнейших функциональных элементов робота является захватное устройство, которое в зависимости от решаемых задач будет иметь совершенно различную конструкцию.

Целью данной работы является разработка алгоритма проектирования захватных устройств роботов-манипуляторов с использованием CAD/CAE. Его внедрение позволит быстро и эффективно проектировать новые захватные устройства.

Практическая значимость работы заключается в спроектированном захватном устройстве для извлечения отливки из полимерного материала.

Для разработки структуры разрабатываемого алгоритма необходимо определить требования, применяемые к захватным устройствам. К захватным устройствам промышленных роботов предъявляются требования общего характера, являющиеся обязательными, и специальные, связанные с конкретными условиями [1].

К обязательным требованиям относятся:

- надежность захватывания и удержания предмета;
- точность базирования заготовки в захватном устройстве;
- отсутствие повреждений или разрушения объекта;
- прочность захватного устройства при малых габаритах и массе;
- простое управление и большая скорость срабатывания;
- учет общих требований безопасности, предъявляемых к промышленным роботам и участкам работы.

В зависимости от предъявляемых требований изменяются и этапы проектирования захватного устройства [2], что также необходимо учесть в разрабатываемом алгоритме.

Этапы проектирования захватного устройства сведены в схему, показанную на рис. 1.

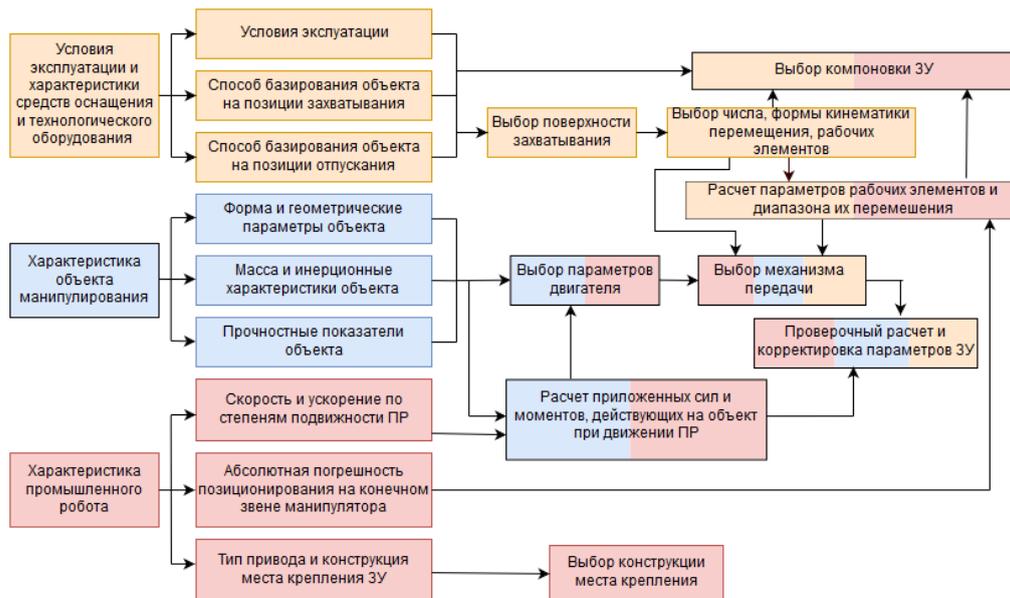


Рис. 1. Схема проектирования захватного устройства

Переработав этапы проектирования и изучив требования, предъявляемые к захватным устройствам, был разработан алгоритм проектирования, который состоит из трех частей (рис. 2.).

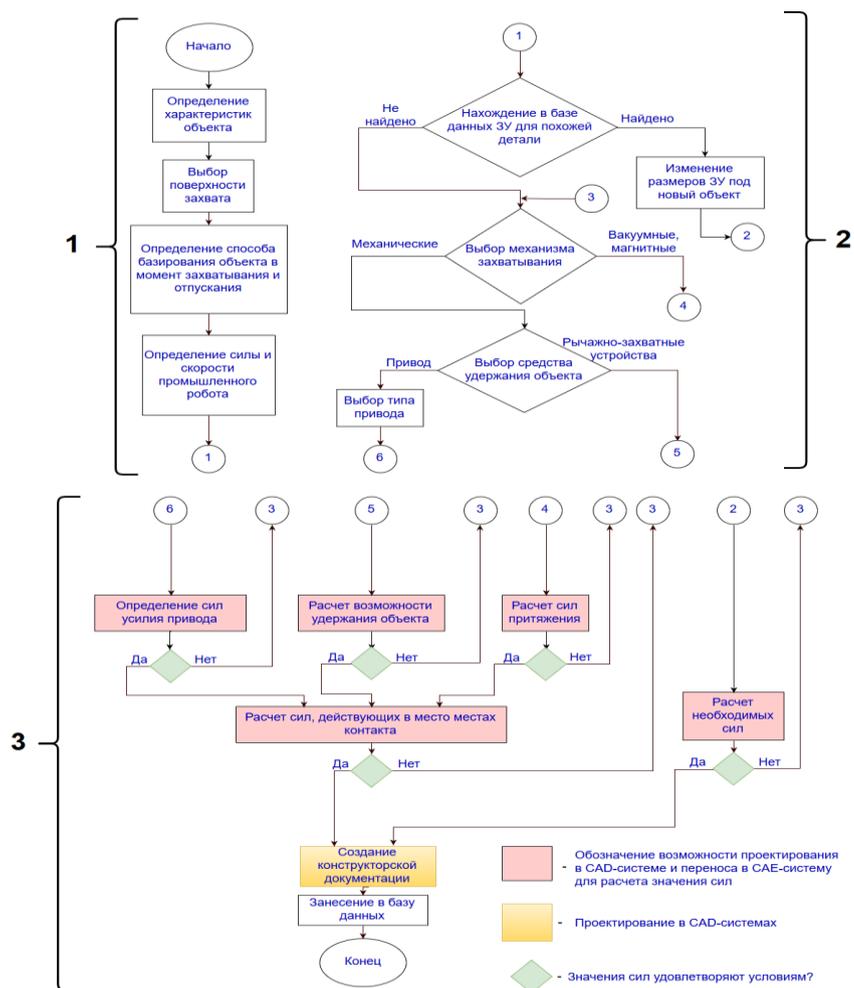


Рис. 2. Алгоритм проектирования захватного устройства

Первый этап алгоритма состоит из анализа характеристик объекта манипулирования и промышленного робота и выбора поверхности захвата.

Второй этап алгоритма решает задачу выбора конструкции ЗУ. Выбор может быть осуществлен с помощью использования баз данных путем поиска устройства для похожей детали по методу детали-аналога или проектирования захватного устройства с самого начала.

Третий этап алгоритма состоит в расчете различных силовых характеристик захватного устройства и проверка соответствия заявленным требованиям к захватному устройству. При неудовлетворении требований происходит корректировка параметров захватного устройства.

Для проверки разработанного алгоритма было спроектировано захватное устройство для извлечения отливки плоско-вогнутой линзы из полимерного материала. Проведенные расчеты, проверяющие возможность использования захватного устройства, подтвердили правильность выбора механизма, привода и места захвата, что подтверждает практическую значимость разработанного алгоритма.

В результате работы был получен алгоритм проектирования захватных устройств роботов-манипуляторов с использованием CAD/CAE, что значительно упрощает и ускоряет процесс проектирования.

Для проверки алгоритма было спроектировано захватное устройство для извлечения отливки плоско-вогнутой линзы и проведены расчеты для проверки соответствия заявленным требованиям к захватному устройству. Перспектива дальнейшей работы заключается в создании вокруг алгоритма некоторых правил, которые станут предпосылкой для создания базы знаний.

### Литература

1. Косилова А.Г., Мещеряков Р.П. Справочник технолога-машиностроителя. Том 1. – М.: Машиностроение, 1986 г. – 656 с.
2. Москвичев А.А., Кварталов А.Р., Устинов Б.В. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов. Учебное пособие. – М.: Форум, Инфра-М, 2015. – 176 с.



**Лагун Светлана Андреевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра экономики и стратегического менеджмента,  
группа № U3448

Направление подготовки: 38.03.01 – Экономика

E-mail: nata\_lagun@mail.ru

**УДК 338**

## **РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**С.А. Лагун**

**Научный руководитель – д.э.н., профессор О.А. Цуканова**

В рамках современного рынка, который динамично развивается, компании вынуждены сталкиваться с различными трудностями: рынки насыщаются, торговые площадки достигают состояния избытка предложений, обостряется конкуренция, развиваются информационные технологии, модернизация способов доведения сведений до клиентуры имеет постоянную основу. Поэтому важнейшими элементами деятельности компании являются: ориентация производителя на потребителей, создание конкурентоспособной продукции, быстрая адаптация к изменяющимся условиям рынка [1]. Все эти факторы повлияли на усиление роли маркетинга.

Перед планированием объема выпуска продукции и формированием производственных мощностей предприятия, у руководства есть необходимость ответа на вопросы касающиеся наименования, объема, цены продукции, а также места и времени его производства. Для того чтобы ответить на данные вопросы организация должна провести сегментацию рынка, заняться разработкой концепции товаров, провести диверсификацию товарного портфеля, выявить преимущества перед конкурентами, исследовать доступность материальных ресурсов и на основе полученных данных выработать стратегию маркетинга [2].

На сегодняшний день нет универсальных форм для осуществления успешной деятельности, основанной на принципах маркетинга. Разработка и использование любых приемов маркетинга требуют понимания индивидуальных характеристик деятельности предприятия на рынке и учета их возможностей в дальнейшем развитии. Все это подтверждает актуальность данной работы.

Целью работы является разработка маркетинговой стратегии для строительного предприятия. Цель предопределяет задачи. К ним относятся:

- рассмотреть теоретические положения разработки маркетинговых стратегий;
- определить стратегию развития и стратегические цели предприятия;
- проанализировать существующую маркетинговую стратегию предприятия;
- разработать маркетинговую стратегию для предприятия;
- описать план маркетинговых мероприятий;
- оценить результативность маркетинговых мероприятий.

В первой главе «Теоретические аспекты разработки маркетинговых стратегий» описывается понятие и сущность маркетинговых стратегий, типы маркетинговых стратегий, особенности маркетинговых стратегий для строительных предприятий, а также методология разработки маркетинговой стратегии. Маркетинговая стратегия – комплекс мероприятий, следуя которым стратегическая хозяйственная единица организации стремится достичь свои маркетинговые цели. Она основывается на

соответствии возможностей компании с конъюнктурой рынка. Основной отличительной чертой маркетинга в строительной отрасли является непрерывное влияние временного фактора. Он проявляется:

- в увеличении договорной цены, которая оказывает влияние на сокращение сроков строительства;
- привязки выполняемой деятельности к договорному сроку, за нарушением которого следуют штрафные санкции [3].

Во второй главе «Разработка маркетинговой стратегии для строительного предприятия» определяются стратегические цели и стратегия развития предприятия, проводится анализ строительной отрасли, а также анализ и оценка существующей маркетинговой стратегии и разрабатывается маркетинговая стратегия на 2019 год. Отдел маркетинга на предприятии Марс отсутствует, поэтому нет чёткой маркетинговой стратегии. Экспертным методом была выявлена недостаточная эффективность внутреннего маркетинга. Также была дана оценка конкурентоспособности фирмы относительно конкурентов. По результатам сравнительного исследования, конкурентное положение фирмы «Марс» является наихудшим.

Для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз предприятия «Марс» был проведен первичный SWOT-анализ. Данный анализ помог определить стратегии для увеличения конкурентоспособности предприятия и его доли на рынке. Наиболее эффективными в сложившейся ситуации представляются две стратегии:

- 1) стратегия контроля над издержками;
- 2) наступательная маркетинговая политика.

Далее была разработана маркетинговая стратегия для строительного предприятия на 2019 год согласно маркетинговой теории 7P. Для реализации данной стратегии следует затратить 222802 руб.

В третьей главе «Оценка результативности маркетинговой стратегии» описывается план маркетинговых мероприятий и оценивается их результативность в перспективе. Реализация предложенных мероприятий будет осуществляться с 14 января 2019 года. Осуществление данных мероприятий позволит предприятию повысить свою конкурентоспособность и долю на рынке. Разработанная маркетинговая стратегия увеличит финансовые показатели предприятия, а именно:

- рентабельность продаж предположительно увеличится на 2,6 %;
- чистая прибыль предположительно увеличится на 13,9 % (рисунок).

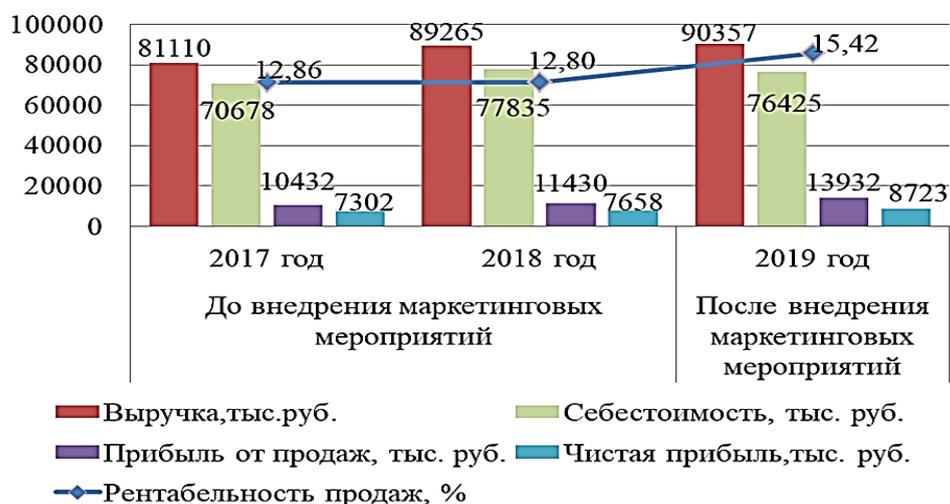


Рисунок. Оценка результативности маркетинговой стратегии

Главным результатом выполненной работы стала разработка маркетинговой стратегии для ООО «Марс», в процессе которой видна связь между предложенными действиями и увеличением числа заказов, что повысит эффективность работы предприятия на 18,2 %.

Практическим результатом и итогом выполненных в работе исследований можно считать то, что разработанная маркетинговая стратегия, предложенная автором, позволит предприятию перейти на следующую ступень развития, улучшит его качественные показатели, а также усилит позиции в конкурентной борьбе, причем полученные результаты могут быть применимы к предприятиям с аналогичными характеристиками.

### Литература

1. Жариков Г.А., Маркетинг и его особенности в России: монография – Москва: Прометей, 2014 – 140 с.
2. Санович М.А. Этапы разработки маркетинговой стратегии предприятия: научная статья – журнал вестник науки и образования, 2015.
3. Степанова И.С., Шайтанова В.Я. Маркетинг в строительстве: учебник для вузов – Москва: Юрайт-М, 2015 – 344 с.



**Литвинов Егор Александрович**

Год рождения: 1996.

Факультет фотоники и оптоинформатики,  
кафедра фотоники и оптоинформатики,  
группа № V3400

Направление подготовки: 12.03.03 – Оптические и квантовые  
технологии передачи, записи и обработки информации

e-mail: litviegor@yandex.ru

**УДК 537.867.**

**РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ  
С БЛИЗКИМ К НУЛЮ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ**

**Е.А. Литвинов**

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент М.К. Ходзицкий**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 715792 «Мало- и неинвазивная диагностика и терапия социально-значимых заболеваний электромагнитным излучением инфракрасного и терагерцевого диапазона частот».

В настоящее время ведутся интенсивные исследования и разработки различных оптических устройств в терагерцевом диапазоне частот для различных областей науки и техники, начиная от биомедицины и заканчивая астрономией. Особое место занимают исследования, посвященные разработке метаматериалов, имеющих оптические свойства за пределами свойств «обычных» материалов и позволяющих разрабатывать эффективные оптические элементы и устройства для терагерцевого диапазона частот [1].

Класс материалов с чрезвычайно малой диэлектрической проницаемостью, известный как «Epsilon-Near-Zero» (ENZ) [2] дает почти нулевой показатель преломления внутри среды. Ввиду того, что фазовая скорость излучения внутри такого материала становится практически бесконечной, электромагнитная волна входит в него и выходит в один и тот же момент времени.

Целью данной работы являлась разработка искусственной среды с близким к нулю показателем преломления в терагерцевом диапазоне частот.

Первоначально предполагалось разработать этот материал, используя структуру из параллельных тонких металлических проводов [3]. Формулами (1 – 3) были произведены расчеты материальных параметров структуры и осуществлен подбор геометрических параметров (периода структуры  $a$  и радиуса проводов  $r$ ) с целью смещения эффективной плазменной частоты в терагерцевый диапазон частот. Обязательным условием работы используемой математической модели для расчета параметров структуры является  $a = \lambda$  и  $\frac{r}{a} < 0,1$ .

$$\varepsilon_{eff}(\omega) = \varepsilon_{\infty} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - i\gamma\omega}, \quad (1)$$

$$\omega_p^2 = \frac{2\pi c^2}{a^2 \ln \frac{a}{r}}, \quad (2)$$

$$\mu_{eff}(\omega) = 1 - \frac{\pi r^2}{a^2} \left(1 + i \frac{2\sigma}{\omega r \mu_0}\right)^{-1}. \quad (3)$$

Численное моделирование структуры подтвердило правильность аналитических расчетов и показало необходимость учета дифракции Брэгга при разработке материала. Наиболее точный метод изготовления – с помощью электрохимического травления – к сожалению, был отвергнут в силу необходимости очень долгой отладки метода. Поэтому было решено заменить структуру из тонких параллельных металлических проводов в диэлектрике на «альтернативную» - из тонких параллельных металлических полос на слое диэлектрика. Изготовление образцов было осуществлено на гравере методом лазерной абляции. В качестве основы был взят металлизированный лавсан - толщина алюминиевого покрытия которого равна 1 мкм, толщина полиэтилентерефталата (PET) равна 75 мкм. Экспериментальная верификация работы материала была выполнена методом импульсной терагерцевой спектроскопии [4].

На рис. 1 дисперсии показателя преломления наглядно демонстрируют изменение оптических свойств материала в рассматриваемом диапазоне частот: образец с периодом 40 мкм проявляет свойства левосторонней среды на 0,40 – 0,55 ТГц и материала с показателем преломления, близким к нулю, на частотах в окрестности 0,556 ТГц. Образец с периодом 60 мкм проявляет свойства левосторонней среды на 0,40-0,64 ТГц и материала с показателем преломления, близким к нулю, в окрестности 0,648 ТГц (рис. 2). Таким образом, был получен материал с показателем преломления, близким к нулю, в терагерцевом диапазоне частот.

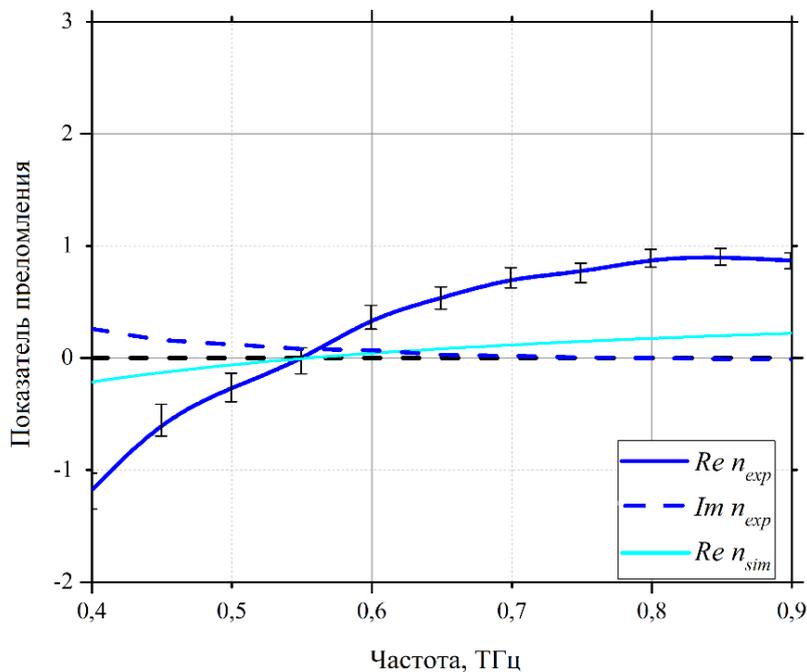


Рис. 1. Действительный и мнимый экспериментальный ( $Re n_{exp}$  и  $Im n_{exp}$ ) и полученный в ходе численного моделирования ( $Re n_{sim}$ ) показатели преломления материала с тонкими алюминиевыми полосами 20 мкм шириной и периодом структуры 40 мкм на слое полиэтилентерефталата толщиной 75 мкм

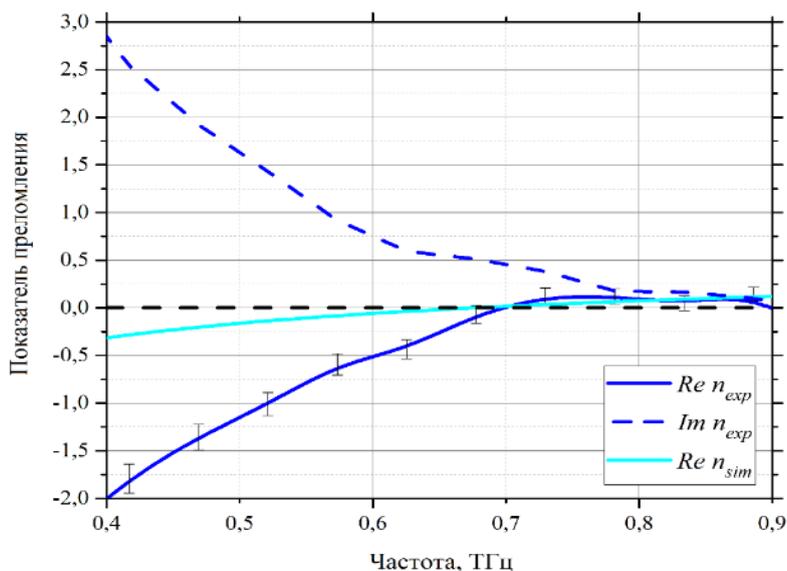


Рис. 2. Действительный и мнимый экспериментальный ( $Re n_{exp}$  и  $Im n_{exp}$ ) и полученный в ходе численного моделирования ( $Re n_{sim}$ ) показатели преломления материала с тонкими алюминиевыми полосами 30 мкм шириной и периодом структуры 60 мкм на слое полиэтилентерефталата толщиной 75 мкм

Разработанный материал может ввиду очень малого показателя преломления способен работать как фазовый компенсатор и может найти эффективное применение в маскировке [5].

### Литература

1. Dhillon S. S. et al. The 2017 terahertz science and technology roadmap //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2017. – Т. 50. – №. 4. – С. 043001.
2. Ziolkowski R. Propagation in and scattering from a matched metamaterial having a zero index of refraction // Physics Review – 2004. – Т. E70. – № 046608.
3. Pendry J.B. Low frequency plasmons in thin-wire structures// J. Phys.: Condens. Matter – 1998. – Т. 10. – с. 4785–4809.
4. Bepalov V. G. et al. Methods of generating superbroadband terahertz pulses with femtosecond lasers //Journal of Optical Technology. – 2008. – Т. 75. – №. 10. – С. 636-642.
5. Engheta N. The rise of near-zero-index technologies // Applied Physics – 2017. –Т. 358. – № 6370



**Лиференко Екатерина Андреевна**

Год рождения 1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3430

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: liferenko@yandex.ru

**УДК 637.04**

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА И РЕЦЕПТУРЫ МОЛОЧНОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧИЗКЕЙКА**

**Е.А. Лиференко**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Б. Горшкова**

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка состава и рецептуры молочной основы для производства чизкейка»

В связи с тем, что в настоящее время, имеет место дефицит белка в питании большей части населения нашей планеты, что пагубно сказывается на здоровье и работоспособности людей, употребление в пищу высокобелковых молочных продуктов в достаточном количестве покрывает дефицит белка в рационе.

Так как чизкейк является наиболее популярным кондитерским изделием, такой десерт, при обогащении его творожной основы белком, стал бы вкусным и полезным решением для борьбы с дефицитом белка в мире.

*Целью* данной работы является разработка состава и рецептуры молочной основы для производства чизкейков

*Задачи:*

- исследовать компоненты для состава чизкейка;
- исследовать возможности обогащения мягкого творога белком;
- разработать оптимальную рецептуру чизкейка;
- исследовать готовую творожную основу чизкейка.

В настоящее время, имеет место дефицит белка в питании большей части населения нашей планеты, что пагубно сказывается на здоровье и работоспособности людей. Белок является неотъемлемой составляющей рациона питания людей всех возрастов. Он необходим для обеспечения важнейших физиологических функций организма человека: структурной, каталитической, транспортной, защитной и др.

Употребление в пищу высокобелковых молочных продуктов в достаточном количестве покрывает дефицит белка в рационе. Одним из таких продуктов является творог. Но часть населения не употребляет творог в чистом виде, а предпочитает в виде десертов. Важную роль в удовлетворении потребительского спроса населения играет кондитерское производство. Изучая рынок десертов, было выявлено, что наиболее популярным изделием является чизкейк [1 – 5].

Чизкэйк – блюдо европейской и американской кухни, представляющее собой сырсодержащий десерт.

Чизкейки готовят из сыра Филадельфия и его аналогов. Используют также сахар, яйца, сливки и фрукты. Смесь из этих ингредиентов кладётся на основание из печенья или сладких крекеров.

Популярность блюда подтверждают предложения ресторанов и кафе – в каждом

втором заведении общественного питания в России есть десерт на основе сливочного сыра/творога. Чаще всего речь идет о классическом чизкейке, но каждый третий ресторан предлагает варианты с дополнительными вкусами.

Таким образом, учитывая спрос населения и проблемы, связанные с дефицитом белка, целесообразно взять за основу для обогащения белком чизкейк.

Изучив иностранные публикации, было выявлено, что в большей степени акцент был направлен на десерты для людей, страдающих диабетом. В связи с этим, было выбрано направление, связанное с обогащением десертов белковыми компонентами для восполнения дефицита белка.

Выводы:

- В качестве основы для чизкейка был выбран мягкий творог. В лабораторных условиях был выработан творог кислотным способом, который соответствовал ГОСТу 31453-2013. После обогащения его белком в количестве от 2 до 10% от количества творога с шагом 2, были выявлены оптимальные на этом этапе образцы (четыре и шесть процентное содержание сухого яичного белка);
- Была выбрана наиболее оптимальная рецептура для основы, состоящая из мягкого творога, яиц, сметаны, сахара, крахмала и ванилина;
- При добавлении белка от массы основы, наилучшим образом была основа с 4 % содержанием белка;
- При исследовании структурно-механических свойств было выявлено, что с добавлением сухого яичного белка вязкость продукта увеличивается.

### Литература

1. Бутейкис Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Н.Г. Бутейкис, А.А. Жукова. – М.: Академия, 2009. – 299 с.
2. Забодалова Л.А. Технология цельномолочных продуктов и мороженого: Учеб. пособие / Л.А. Забодалова, Т.Н. Евстигнеева. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 304с.
3. Кузнецова Л.С. Технология и организация производства кондитерских изделий / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. - Москва: Академия, 2013. – 480 с.
4. Могильный М.П. Новые сырьевые компоненты для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (характеристика, использование) / М.П. Могильный, Е.В. Шрамков. – М: Олбис, 2009. – 230 с.
5. Иностранные публикации: [Электронный ресурс]. URL: <https://www--scopus--com.de.ifmo.ru/search/form.uri?display=basic> (3 апреля)



**Лук Владислав Андреевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа Р№ 3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: dwigons@gmail.com

**УДК 658.512.4:004.622**

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ВВОДА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**В.А. Лук**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев**

Основным направлением в области проектирования технологических процессов (ТП) является сокращение времени проектирования [3]. Для увеличения качества проектных решений и ускорению проектирования необходимо осуществить хранение информации в формализованном виде [2].

В работе рассматривается подход к автоматизации проектирования ТП для деталей типа тел вращения. Первым шагом в этом направлении является подготовка исходной информации о детали, а именно ввод конструкторско-технологической информации (КТИ). В связи с трудоемкостью, процесс разработки было решено разделить между двумя исполнителями.

Осесимметричная деталь может быть представлена как структура взаимосвязанных элементов, где элементы разделены по уровням. Каждый последующий уровень обрабатывается после предыдущего. Пример такого разбиения детали с учетом связей выраженных индексацией приведен на рис.1, где кругами обозначены элементы первого уровня, овалами элементы второго и третьего уровня, а прямоугольниками – плоскостные элементы.

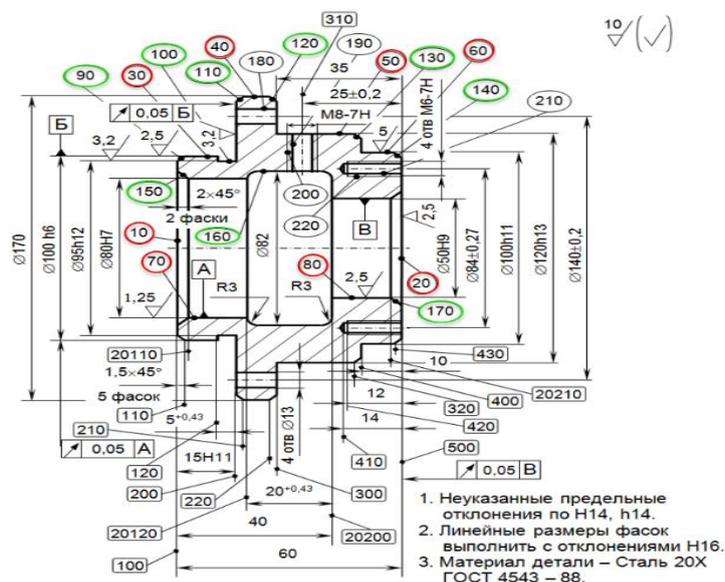


Рис. 1. Поэлементное разбиение детали «Корпус»

В работе использовалась методика, разработанная в Северо-Западном заочном политехническом институте (позднее Северо-Западном заочном техническом университете) [1]. Так как деталь можно разделить на элементы, то описание этих элементов, а также связей между ними, дает полное представление о детали. Эта информация может быть сведена в следующие массивы:

- ТМА «Сведения о номере и наименовании детали»;
- ТМ1 «Общие сведения о детали»;
- ТМ2 «Сведения об элементах первого уровня»;
- ТМ3 «Сведения об элементах второго уровня»;
- ТМ4 «Сведения об элементах третьего уровня»;
- ТМД «Сведения о линейных размерах, расположенных вдоль основной оси вращения детали»;
- ТМУ «Сведения о линейных и угловых размерах элементов, расположенных перпендикулярно или параллельно основной оси вращения детали».

Таким образом, общая структура работы модуля принимает вид, представленный на рис. 2, где выделена рассматриваемая в этой работе часть модуля ввода КТИ о детали.

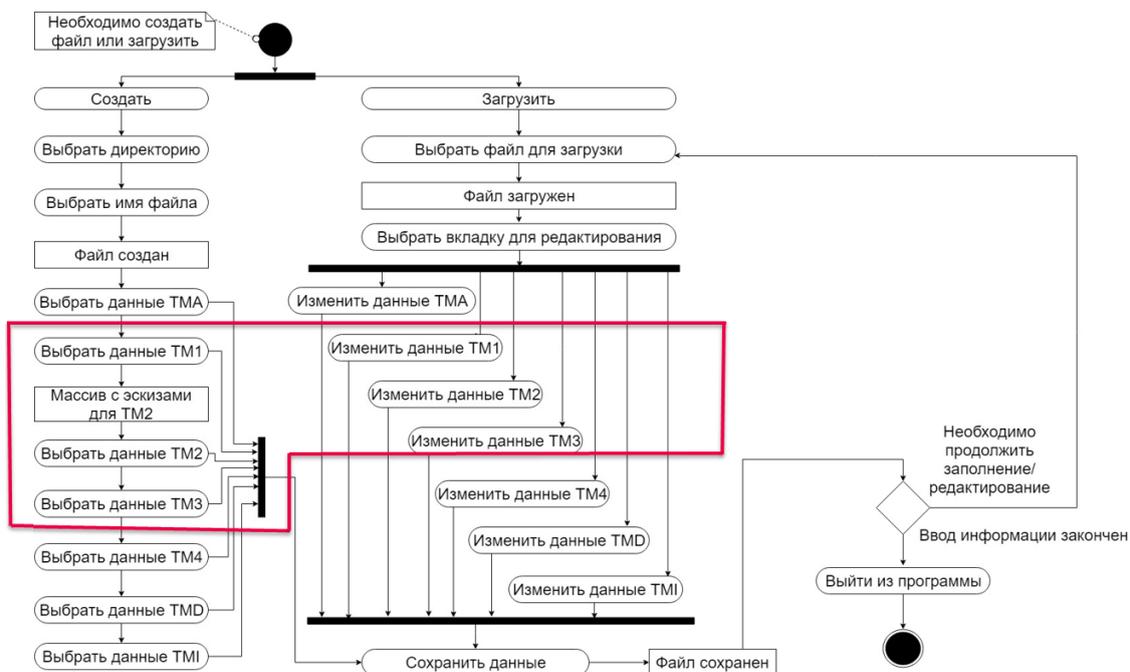


Рис. 2. Общая структура работы модуля, представленная диаграммой деятельности

Работа представляет собой интерфейс, позволяющий технологу описать деталь, информация о которой представлена в подготовленном виде. Примером такого вида может служить подготовленный чертеж, либо аннотированная модель.

Результатом работы разработанной программы является файл формата «.xls», содержащий введенную КТИ о детали в формализованном виде в соответствии с методическими указаниями [1], который в дальнейшем может быть загружен либо для корректировки, либо для продолжения ввода.

Общий интерфейс представляет собой совокупность области меню, вкладок выбора массива для ввода, область выбора описываемого элемента, области ввода и области с поясняющим эскизом. Интерфейс, полученный в результат разработки, представлен на примере ввода информации об элементах первого уровня на рис.3.

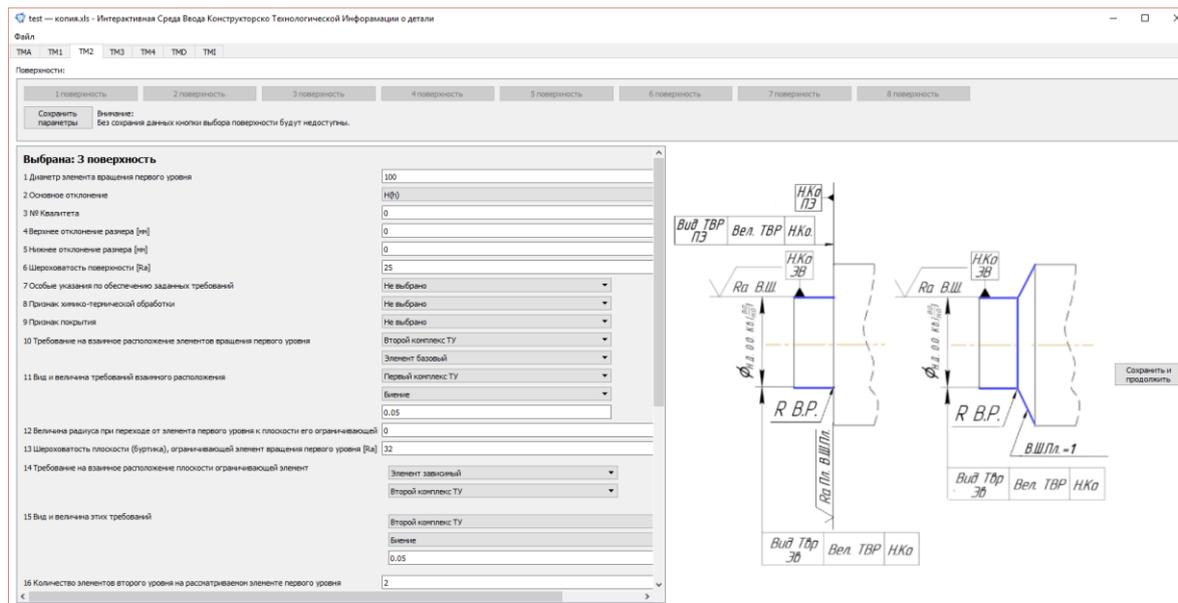


Рис. 3. Вкладка ввода информации об элементах первого уровня

Благодаря тому, что большая часть вводимой информации представлена списками ввода, а прямой ввод осуществляется с использованием масок, вероятность внесения некорректной информации снижена. Также этому способствует поясняющий рисунок за счет однозначной трактовки понятий.

## Литература

1. САПР. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении / Р.А. Аллик [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1986 г.
2. А.П. Загоскин, К.П. Помпеев, Д.Д. Куликов. Определение планов обработки поверхностей при автоматизированном синтезе принципиальной схемы технологического процесса. Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 7-й международной научно-практической конференции / Под ред. А.Н. Евграфова и А.А. Поповича. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – ISSN 2223-0807.
3. Технология приборостроения: учеб. пособие/ В.А. Валетов, К.П. Помпеев. – СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО, 2013. – 234 с.



**Малина Диана Сергеевна**

Год рождения: 1996

Факультет технологического менеджмента и инноваций,  
кафедра экономики и стратегического менеджмента,  
группа № U3447

Направление подготовки: 38.03.01 – Экономика

e-mail: DSMalina@gmail.com

**УДК 658.562.4**

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ  
РАЗРАБОТКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ  
ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ  
И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ЛАБОРАТОРИЙ**

**Д.С. Малина**

**Научный руководитель – к.э.н., доцент Б.А. Варламов**

Исследование выполнено в рамках работы отдела научно-образовательных маркетинговых исследований университета ИТМО.

Анализ продуктов питания постоянно требует разработки более надежных, эффективных и экономичных аналитических методологий, которые гарантируют безопасность и качество пищевых продуктов в соответствии с законодательством и требованиями потребителей. Таким образом, нет никаких сомнений в важности и актуальности создания надежных и точных инструментов для анализа пищевых продуктов.

Цель исследования – оценить целесообразность разработки оптико-электронной системы экспресс-анализа и контроля пищевого сырья и готовой продукции – цифрового анализатора пищевых продуктов.

Для решения данной цели были поставлены следующие задачи: рассмотреть процесс анализа и контроля качества сырья и готовой продукции на предприятиях пищевой промышленности, изучить методы оценки качества сырья и готовой продукции, рассмотреть приборы для оценки качества сырья и готовой продукции, рассчитать себестоимость разработки прибора, провести маркетинговый анализ прибора.

Процесс анализа и контроля качества на предприятиях пищевой промышленности состоит из 3-х этапов: контроль сырья, контроль производственного процесса и контроль готовой продукции. На каждом этапе качество пищевых продуктов определяют по сенсорным и скрытым показателям. Для анализа этих показателей используют органолептические и инструментальные методы [1].

Но и те и другие методы имеют ряд недостатков. Органолептические методы субъективны, а инструментальные не ориентированы на потребителей. Для точной оценки качества продуктов предприятиям необходимо применять и те и другие методы. Однако применение одновременно и органолептических и инструментальных методов для многих предприятий выливаются в большие затраты. Поэтому в настоящее время начали разрабатывать специальные приборы, которые сочетают точность и объективность инструментальных методов с ориентированностью на потребителей

органолептических методов. Такие приборы являются имитацией органов чувств человека и используются для экспресс-анализа качества продукции. Среди них выделяют электронный язык, электронный нос, текстурный анализатор и оптико-электронные системы.

Один из таких приборов, относящийся к классу оптико-электронных систем, разрабатывается на кафедре оптико-электронных приборов и систем университета ИТМО. Такой прибор получил название «Цифровой анализатор пищевых продуктов».

Цифровой анализатор пищевых продуктов – это измерительное оборудование по получению и обработке цифровых фотографий, которое позволяет осуществлять объективный контроль качества каждой единицы продукции по ее оптическим характеристикам. Прибор представляет собой измерительную систему с сопроводительным программным обеспечением.

Оценка экономической целесообразности разработки цифрового анализатора пищевых продуктов состояла из определения сфер применения, расчета себестоимости разработки прибора и маркетингового анализа.

Прибор имеет следующие сферы применения: получение информации о степени качества, определение срока хранения и определение класса качества.

Себестоимость разработки прибора была рассчитана в соответствии с типовыми рекомендациями по планированию, учету и калькулированию себестоимости научно - технической продукции [2], и составила 1 882 500 рублей.

Маркетинговый анализ состоял из 3 этапов: определение отраслей применения, анализ потенциальных конкурентов, составление SWOT-матрицы (таблица).

Таблица.

#### SWOT-матрица

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"><li>– Высокие функциональные возможности (большее количество определяемых параметров для анализируемых объектов, возможность анализа как в видимом, так и в инфракрасном и ультрафиолетовом спектрах).</li><li>– Ориентированность на заказчика (можно приспособить прибор под потребности заказчика).</li><li>– Уникальное программное обеспечение</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Высокая цена.</li><li>– Большие затраты на разработку.</li><li>– Ограниченное число отраслей для применения прибора</li></ul>
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"><li>– Импортзамещение (на рынке представлены только зарубежные аналоги).</li><li>– Внедрение новых передовых технологий на предприятия пищевой промышленности.</li><li>– Автоматизация производственного процесса</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Незнание продукта.</li><li>– Существование множества продукции, выполняющие те же функции</li></ul>

Так как прибор проводит анализ по цветовым характеристикам и внешнему виду продукта, то его можно применять только в тех отраслях, где качество продукта отражается на его цвете и форме. Такими отраслями являются мясная, рыбная, птицеводческая, плодоовощная, мукомольно-крупяная и молочная.

На основе анализа потенциальных конкурентов можно сделать следующий вывод: цифровой анализатор пищевых продуктов имеет низкую конкурентоспособность. Несмотря на то, что он выполняет анализ большего числа параметров объектов, его аналоги более востребованы, так как имеют меньшую стоимость. Для успешного вывода на рынок необходимо уменьшить себестоимость

данного прибора, чтобы понизить его цену и позиционировать его как более функциональный продукт, по сравнению с его конкурентами.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка цифрового анализатора пищевых продуктов целесообразна, однако необходимо уменьшить его себестоимость, так как по сравнению с аналогами цена прибора высока, что сильно сказывается на его конкурентоспособности. Также, так как цифровой анализатор пищевых продуктов находится еще на стадии разработки, для создания готового продукта нужны большие затраты, поэтому необходимо привлечь инвестора. Несмотря на данные слабости и угрозы прибор имеет высокий потенциал, так как разработка данного прибора на рынке востребована. Это можно судить по факторам внешней среды, которые создают возможности для вывода прибора на рынок.

### **Литература**

1. Базарнова Ю.Г. Теоретические основы методов исследования пищевых продуктов: Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. - 136 с.
2. Типовые рекомендации по планированию, учету и калькулированию себестоимости научно – технической продукции, утверждены приказом Министерства науки и технической политики РФ от 15/06/94 № ОР22-2-46



**Нгуен Хю Хунг**

Год рождения: 1994

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра систем управления и информатики,  
группа № Р3440

Направление подготовки: 27.03.04 – Управление  
в технических системах

e-mail: huyhung2404@gmail.com

**УДК 681.51**

## **ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ПРЕПЯТСТВИЯ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ**

**Х.Х. Нгуен**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.В. Литвинов**

### **Аннотация**

В статье рассматривается возможность измерения расстояния до препятствия на основе видеоизображения. Предложен алгоритм измерений расстояния без использования стерео-зрения. Приведены результаты эксперимента и значения погрешности измерений при выбранном составе оборудования.

### **Введение**

Мобильные роботы – это самодвижущиеся роботы без вмешательства человека или с минимальным его участием. С помощью датчиков они способны идентифицировать окружающую среду и выполнять поставленные задачи. Во всех случаях необходима информация о расстоянии до объекта или препятствия.

Существуют различные методы определения расстояния от мобильного робота до препятствия: использование ультразвукового датчика, инфракрасного датчика, лазерного дальномера [1].

*Общие недостатки указанных методов:* невозможно определить, что представляет собой препятствие;

Исходя из вышеизложенного, рассмотрим вариант определение расстояния от робота до препятствия с помощью одной видеокамеры.

Сущность метода состоит в том, что когда робот перемещается ближе к препятствию, камера, установленная на роботе, будет записывать изображение препятствия в два разных момента  $t_0$  и  $t_1$ , а затем передавать информацию в компьютер. Компьютер, получив информацию об изображении, выполняет обработку информации и дает два значения площади препятствия, соответствующие двум моментам времени. Определив площадь препятствия  $S_0$  в момент времени  $t_0$  и  $S_1$  в момент времени  $t_1$ , можно найти расстояние  $\Delta L$ , пройденное роботом за интервал времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  по формуле:

$$\Delta L = V \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость движения робота.

Вычисляем расстояние  $L_1$  от робота до препятствия в момент  $t_1$  по следующей формуле:

$$L_1 = \frac{\Delta L \sqrt{S_0}}{1 - \frac{\sqrt{S_0}}{\sqrt{S_1}}} \quad (2)$$

где  $S_0$  и  $S_1$  – площади препятствия на кадре изображения в моменты  $t_0$  и  $t_1$ .

Прежде чем перейти к эксперименту указанного метода, докажем, что формула (2) будет определять расстояние от робота до препятствия (рис. 1):

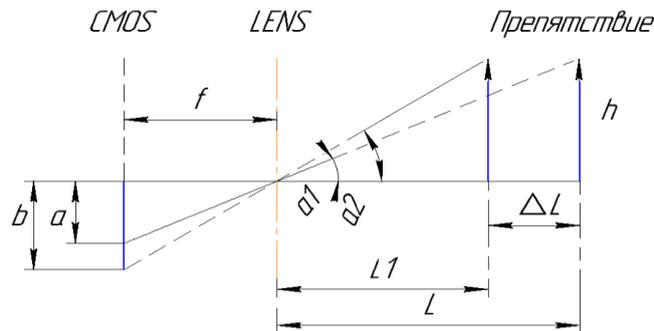


Рис. 1. Схема измерений, где: CMOS – светочувствительные матрицы; LENS – объектив камеры.

Камера фиксирует изображения на CMOS, где  $f$  – фокусное расстояние камеры;  $a$ ,  $b$  – высоты препятствия на кадре изображения в моменты  $t_0$  и  $t_1$ ,  $h$  – реальная высота препятствия [2].

$$\frac{a}{f} = \tan \alpha_1 = \frac{h}{L} ; \quad \frac{b}{f} = \tan \alpha_2 = \frac{h}{L-\Delta L} \quad \Rightarrow \quad \frac{a}{b} = \frac{h}{L} : \frac{h}{L-\Delta L} = \frac{L-\Delta L}{L} = 1 - \frac{\Delta L}{L}$$

$$\Rightarrow L = \frac{\Delta L}{1 - \frac{a}{b}} = \frac{\Delta L}{1 - \frac{S_0}{S_1}} \quad \Rightarrow L_1 = L - \Delta L = \frac{\Delta L \sqrt{\frac{S_0}{S_1}}}{1 - \sqrt{\frac{S_0}{S_1}}}$$

### Экспериментальное исследование

В данной работе представлен алгоритм определения расстояния от робота до препятствия с использованием одной видеокamеры, установленной на движущемся роботе (рис.2). Диапазон измерения с 50см до 200см, камера с роботом перемещается ближе к препятствию с расстояния 200см до 50см (скорость 10см/с).

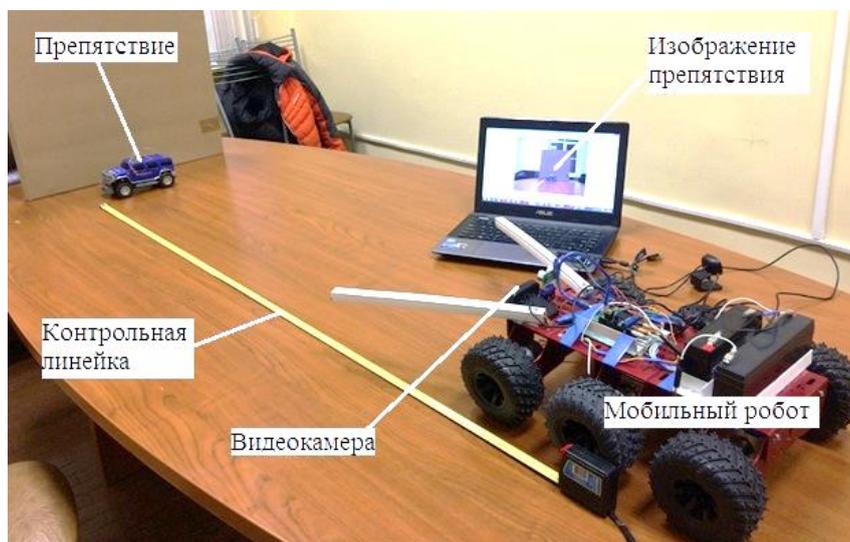


Рис. 2. Эксперимент по определению расстояния по видеоизображению.

### Преимущества метода:

- Одновременно с измерением расстояния, можно идентифицировать и само препятствие (здание, автомобиль, человек и т.д.);
- Низкие требования к вычислительным ресурсам, т.к. используются простые вычислительные алгоритмы;
- В процессе движения робота можно записывать данные о препятствии в удобном, для дальнейшего анализа и исследований, формате видео.

По результатам были построены графики зависимости (рис. 3 – а, б).

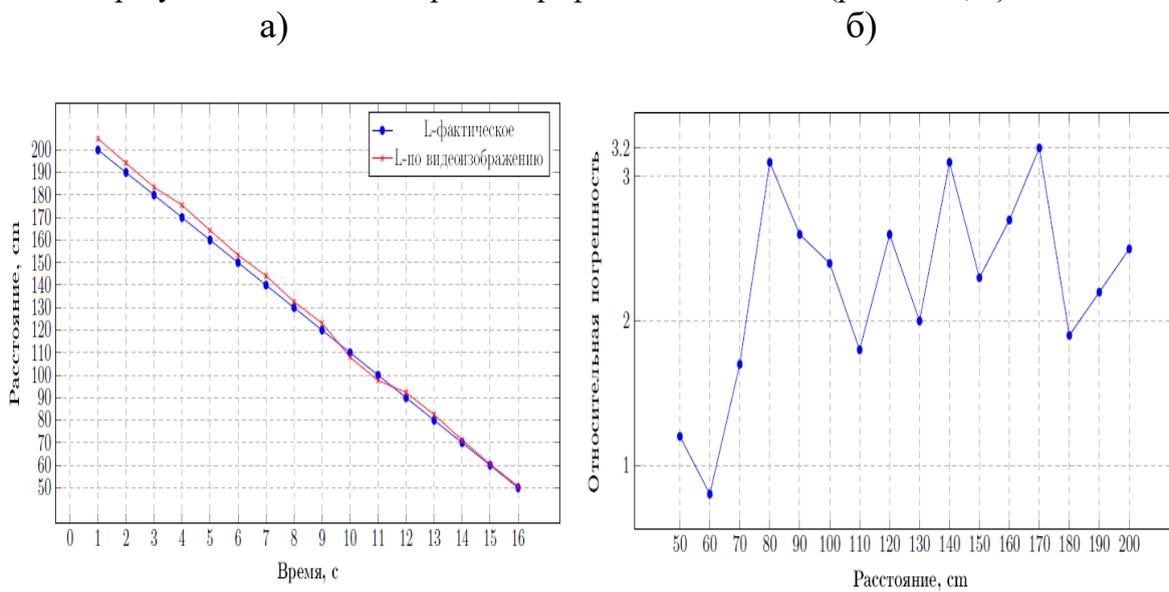


Рис. 3 – а) Сравнение результатов измерений и фактического расстояния,  
б) относительная погрешность измерений расстояний.

### Заключение

В приведенной статье предложен алгоритм определения расстояния от мобильного робота до препятствия с помощью одной видеокамеры. Основа алгоритма – измерение площади препятствия на кадре изображения в два разных момента времени, из которых рассчитывается расстояние до препятствия. Одновременно можно идентифицировать препятствие на пути робота. Анализ работы предложенного алгоритма показал его работоспособность.

### Литература

1. Smith P. Active sensors for local planning in mobile robotics // World Scientific, 2001. – P.336
2. Нгуен Х.Х., Литвинов Ю.В., Парамонов В.С., Чащина М.М. Измерение расстояния до препятствия по видеоизображению // Научно – издательский центр. Инструменты и механизмы современного инновационного развития – 2017 – часть 4 – С.102-107.

**Нестеренко Алексей**

Год рождения: 1996 г.

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,  
группа № Т3437

Направление подготовки: 15.03.02 – Технологические машины  
и оборудование

e-mail: vveking@gmail.com

**УДК 664.9**

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ОБРАБОТКИ МЯСНЫХ ПОРЦИЙ НА РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ  
УСТАНОВКЕ**

**А. Нестеренко**

**Научный руководитель –к.т.н., доцент В.Т. Антуфьев**

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

На период до 2020 г. стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации ставит перед собой задачу исследования и внедрения самых новых технологий, позволяющих расширить изготавливаемый ассортимент продуктов питания с заданными качественными характеристиками [3].

Современные направления в науке и технологиях, с позиции общей задумки государственной внешнеэкономической политики, должны быть направлены на разработку конкурентоспособных мясопродуктов нового поколения, многообещающих в плане импортозамещения и увеличения внутреннего спроса [2].

Главными целями при разработке новых и совершенствовании уже существующих технологий являются: уменьшение длительности технологического процесса и увеличение производительности технологического оборудования, не только снижение его энергоемкости, материалоемкости, а также улучшение качества продуктов [4]. Для достижения этих целей разрабатывается и изготавливается новое оборудование. На основе результатов научно-технического прогресса и новейших технологических подходов в производстве мясопродуктов, применяются различные физико-химические методы [1].

В настоящее время одним из многообещающих направлений интенсификации технологических процессов принимаются методы, основанные на импульсных энергетических воздействиях с применением различных физико-химических эффектов [4]. В основу создания высокоэффективных технологий могут быть заложены совершенно новые инженерные решения, опирающиеся на теоретические и экспериментальные исследования физико-химических процессов в обрабатываемых средах при интенсивных импульсных воздействиях. На наш взгляд такой технологией вполне может стать разрядно-импульсная обработка, основанная на иницировании электрического разряда в жидкой токопроводящей среде. При создании внутри объема жидкости кратковременного высоковольтного импульсного разряда возникают высокие гидравлические давления, сопровождающиеся совокупностью физико-химических явлений, в комплексе образующих электрогидравлический эффект (ЭГЭ) [5]. ЭГЭ может быть использован в практических целях для интенсификации дальнейшего

процесса приготовления мяса.

Мы предлагаем новую, экономически выгодную технологию обработки мясных бифштеков электрогидравлическим ударом в жидкости (рассол).

При использовании этого метода сокращается время обработки мясных порций, оно становится 3-4 минуты.

Так же качество изделий повышается до современных требований из-за разрушения коллагеновых волокон мышц и другой соединительной ткани.

Для этой цели используется электрогидравлическая установка «Зевс» модель стандарт 2, и самостоятельно сваренная ванна из нержавеющей стали объемом 1м<sup>3</sup>.

Установка электрогидроимпульсная Зевс-Стандарт 2 изготавливается взамен ЗЕВС-36-ВЧМ, предназначена для очистки котлов, теплообменных аппаратов со стальными трубками, трубопроводов, внутренних инженерных сетей. Новая схема на основе электромеханических короткозамыкателей значительно повышает надежность установки. Принцип работы заключается в действии разряда электрического тока на конце рабочего кабеля, возникающая ударная волна и гидродинамический поток, последствие которого приводят к разрушению отложений и накипи любой природы.

Внутренний диаметр очищаемых труб от 10 до 150 мм (для высокопрочных отложений, например отложений в котлах – до 40 мм)

Максимальный радиус действия 70 м (при соответствующем рабочем кабеле)

Принцип работы установки заключается в создании с помощью электрического разряда ударных волн в жидкости. Энергия ударной волны может использоваться для различных целей. В нашем случае применена для разрушения сухожилий и коллагеновых соединений в мясе.

Интенсификации диффузионных процессов таким же образом можно добиться воздействием ультразвуковых колебаний. В этом случае скорость обработки увеличивается в 2,5-3 раза в сравнении с классическим способом. При этом в мышечной ткани наблюдается распад миофибрилл с образованием отдельных, так скажем, фрагментов, в результате чего повышается мягкость и проницаемость мышечных волокон для обработки.

По результатам опытов, произведенных в ходе выпускной квалификационной работы можно сделать следующие выводы:

1. Нами была предложена новая, экономически выгодная, технология обработки мясных порций на разрядно-импульсной установке.
2. Технология обработки мясных порций на разрядно-импульсной установке позволяет увеличить скорость обработки мясных порций в 2,5-3 раза и улучшить вкус и мягкость продукции после обработки
3. Увеличение скорости процесса позволяет снизить затраты на оплату труда и затраты на производственную площадь. Так же увеличение скорости позволяет сократить себестоимость продукта.
4. Применение новых технологий позволяет в большей степени сохранить витамины. Это улучшает как внешний вид, так и вкусовые качества продукта. В свою очередь, внешний вид и улучшенный вкус позволяют поднять цену продажи, так как вкус продукта является важным критерием для потребителя.

#### Литература:

1. Антуфьев, В.Т. Перспективные технологии и устройства для приготовления мясных полуфабрикатов / В.Т. Антуфьев, А.С. Громцев, В.В. Стариков // Теория и практика разработки ресурсосберегающего пищевого оборудования: материалы межвуз. сб. науч. тр. – СПб, СПбГУНиПТ, 2007. – С. 15-19.

2. Брацихин, А.А. Научно-практические аспекты интенсификации технологических процессов с использованием наноактивированных жидких сред при производстве мясопродуктов: дис. д-ра тех. наук: 05.18.04, 05.18.12 / Брацихин Андрей Александрович. – Ставрополь, 2009. – 511 с.
3. Губер, Н.В. Минимизация рисков при внедрении технологических инноваций в мясной промышленности (на примере Южного Урала) / Н.Б. Губер, М. Б. Ребезов, Г.М. Топурия // Вестник Южно Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – №2. – С. 180-186.
4. Промтов, М.А. Машины и аппараты с импульсным энергетическим воздействием на обрабатываемые вещества: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2004. – 136 с. Ильин В.С. Шиповник / В.С.Ильин, Н.А.Ильина // Нетрадиционные садовые культуры. Мичуринск: ВНИИС им. Мичурина, 1994. - С. 336-356.
5. Юткин, Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л.А. Юткин. – Л.: Машиностроение, 1986. – 208 с.



**Парфенов Герман Александрович**

Год рождения: 1996

Факультет низкотемпературной энергетики,  
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники,  
группа № W3460

Направление подготовки: 14.03.01 – Ядерная энергетика  
и теплофизика

e-mail: german96mail@gmail.com

**УДК 536.6.**

**НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУР ТЕЛ ПУТЕМ  
РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**Г.А. Парфенов**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.В. Пилипенко**

Как известно, любой датчик искажает температурное поле исследуемого объекта. Кроме того, он измеряет свою собственную температуру, а не температуру объекта. Эти факторы вносят неопределенность в температурные измерения.

Оценка неопределенности измерения температуры проводится путем решения двух задач теплообмена: между телом и средой и между системой «датчик–тело» и средой. Н.А. Ярышевым были разработаны теоретические основы измерения нестационарных температур [1]. Автор, применяя аналитические методы с использованием передаточных функций, поставил и решил множество задач нестационарной теплотметрии, оценил неопределенность измерения нестационарных температур.

В представленной работе предлагается численно-аналитический метод с использованием дифференциально-разностных моделей (ДРМ) теплопереноса, обладающий вычислительной эффективностью и точностью, значительно превышающей названный выше метод. Предлагаемый метод учитывает все значимые особенности теплопереноса в измерительном преобразователе температуры (ИПТ): различие свойств материалов ИПТ и тела, наличие контактных тепловых сопротивлений (КТС) и воздушных зазоров, граничные условия на тыльной стороне ИПТ и т.д.

При реализации метода с использованием дифференциально-разностных моделей теплоперенос в одномерной постановке в системе тел «ИПТ–тело» описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно составляющих вектора состояния  $\vec{T}(\tau)$  [4, 5, 7]:

$$\vec{T}(\tau) = F \cdot \vec{T}(\tau) + G \cdot \vec{U}(\tau), \quad (1)$$

где  $F$  –  $(n \times n)$ -матрица обратных связей,  $G$  –  $(n \times 2)$ -матрица управления,  $\vec{U}(\tau) = |q_1(\tau) q_2(\tau)|^T$  – вектор управления.

Общее решение уравнения (7) имеет вид [2, 3]:

$$T(\tau) = \Phi(\tau, \tau_0) \cdot T(\tau_0) + \int_{\tau_0}^{\tau} \Phi(\tau, \theta) G U(\theta) d\theta, \quad (2)$$

где  $\Phi(\tau, \tau_0)$  — переходная матрица, которая отражает внутренние тепловые связи в системе тел.

В работе решена задача, в которой массивное тело, изготовленное из огнеупорного материала, находится в теплообмене со средой, температура которой изменяется по гармоническому закону. Для измерения температуры поверхности выбран плоский термометр сопротивления, проволоочный элемент которого запрессован в электроизоляционную основу.

Толщина ИПТ  $L_3 = 5 \cdot 10^{-5}$  м, теплофизические свойства:  $\lambda_3 = 0,25$  Вт/м·К,  $c_3 = 1,3 \cdot 10^3$  Дж/кг·К,  $\gamma_3 = 1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Теплофизические свойства материала тела:  $\lambda_0 = 0,9$  Вт/м·К,  $c_0 = 0,9 \cdot 10^3$  Дж/кг·К,  $\gamma_0 = 1,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплоотдачи между телом и средой  $100$  Вт/м<sup>2</sup>·К, амплитуда колебания температуры среды  $100$  К. Требуется определить отношение измеренной  $a_{t_3}$  и действительной  $a_{t_0}$  амплитуд колебаний температуры тела с помощью выбранного ИПТ, если период  $T$  колебания температуры среды составляет  $10, 1,0$  и  $0,1$  с.

Задача решена при расположении чувствительного элемента в средней плоскости ИПТ. Принципиальная схема системы «ИПТ-тело» изображена на рисунке.

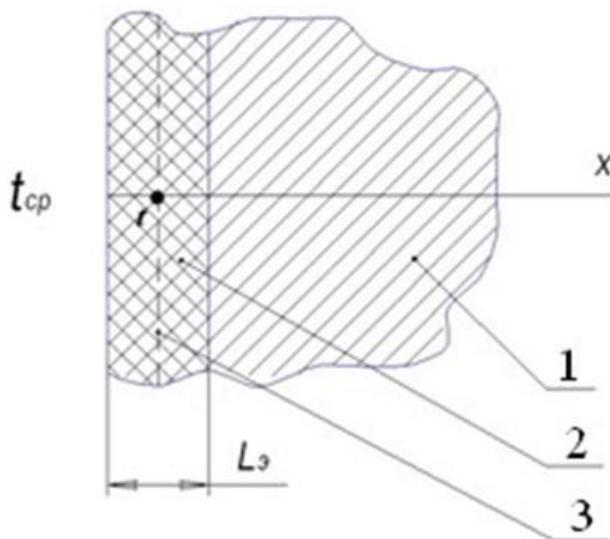


Рисунок. Принципиальная схема системы «ИПТ-тело» [6]  
1 – тело, 2 – ИПТ, 3 – чувствительный элемент,  $L_3$  – толщина ИПТ

Результаты вычислений представлены в таблице.

Таблица

**Отношения  $a_{t_3}$  и действительной  $a_{t_0}$  амплитуд колебаний температуры**

T, с	Аналитический метод [1]			Численный метод		
	$a_{t_3}, K$	$a_{t_0}, K$	$a_{t_3}/a_{t_0}$	$a_{t_3}, K$	$a_{t_0}, K$	$a_{t_3}/a_{t_0}$
10	13,6	13,5	1,01	10,4	10,5	1,01
1	4,7	4,4	1,06	3,58	3,46	1,03
0,1	1,9	1,4	1,36	1,08	0,98	1,15

Как видно из таблицы, измеренные амплитуды колебания температуры тела  $a_{t_3}$  превышают действительные значения  $a_{t_0}$  на 1, 6 и 36 % при использовании первого

метода [1] и на 1, 3 и 15 % – при использовании второго.

В заключение отметим, что неопределенность измерения температуры поверхностей массивных тел существенно возрастает с уменьшением периода колебания температуры окружающей их среды. По результатам измерений с помощью различных ИПТ были восстановлены действительные температуры поверхностей различных объектов.

### Литература

1. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур Л.: Энергоиздат, 1990. 256 с.
2. Ярышев Н. А. Научная школа и школа жизни. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 296 с.
3. Кондратьев Г. М., Дульнев Г. Н., Платунов Е. С., Ярышев Н. А. Прикладная физика. Теплообмен в приборостроении. СПб: СПбГУ ИТМО, 2003. 560с.
4. Пилипенко Н. В. Параметрическая идентификация в нестационарной теплотметрии // Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46, № 8. С. 50—54.
5. Пилипенко Н. В., Гладских Д. А. Решение прямых и обратных задач теплопроводности на основе дифференциальных моделей теплопереноса // Изв. вузов. Приборостроение. 2007. Т. 50, № 3. С. 69—74.
6. Пилипенко Н. В., Зеленская М. Г. Параметрическая идентификация тепловых потоков с помощью теплотметров „тонкого диска“ // Измерительная техника. 2006. № 7. С. 46—49.
7. Pilipenko N. Parametrical identification of differential-difference heat transfer models in non-stationary thermal measurements // Heat Transfer Research. 2008. Vol. 39, N 4. P. 311—315.



Основными характеристиками оптического волокна являются числовая апертура, определяющая максимальный угол ввода излучения, диаметр сердцевины, значения показателей преломления материала сердцевины и оболочки [3].

Для моделирования были выбраны волокно 57-083 ( $NA = 0.22$ ,  $d_c = 1000$  мкм) компании Edmund Optics и волокна Ft1000emt ( $NA = 0.39$ ,  $d_c = 1000$  мкм), Fp1000urt ( $NA = 0.5$ ,  $d_c = 1000$  мкм), Fp1500urt ( $NA = 0.39$ ,  $d_c = 1500$  мкм) компании Thorlabs.

С помощью программы Trace Pro 7.0 был смоделировать ввод светодиодного излучения в оптическое волокно, схематически представленный на рисунке.

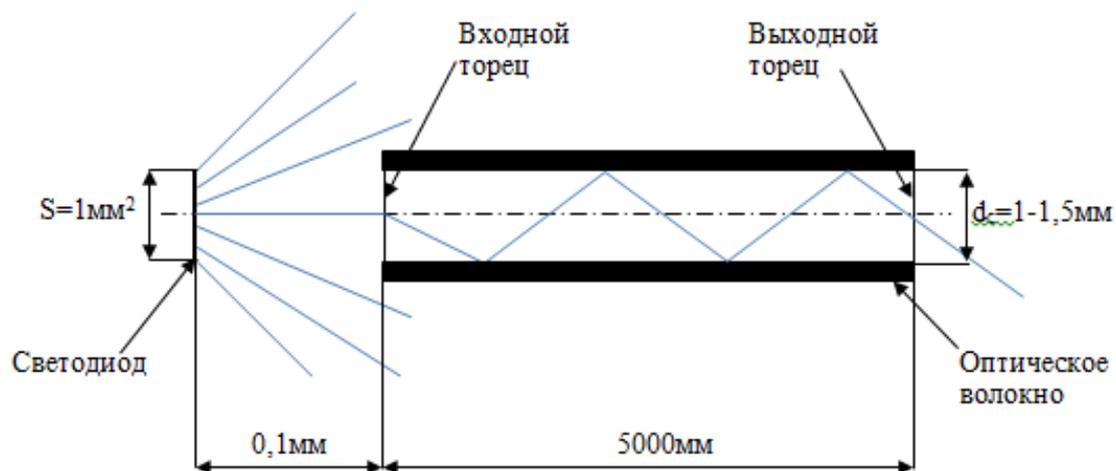


Рисунок. Принципиальная схема ввода светодиодного излучения в оптическое волокно

В таблице представлены результаты, полученные в рамках моделирования для выбранных ранее светодиодов и оптических волокон.

Таблица

**Мощность  $P$  и плотность мощности  $w$  светодиодного излучения на входном и выходном торцах волокна**

		Светодиод		
		SFT-10-CG-F35 $P_{LED} = 1,4$ Вт, $\lambda = 555$ нм	SFH4715AS $P_{LED} = 2$ Вт, $\lambda = 850$ нм	L110-0850060000000 $P_{LED} = 1,35$ Вт, $\lambda = 850$ нм
Оптическое волокно	57-083	$P_{in} = 0,98$ Вт $P_{out} = 0,0553$ Вт $w = 7,04$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1,45$ Вт $P_{out} = 0,119$ Вт $w = 15,2$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1$ Вт $P_{out} = 0,13$ Вт $w = 16,6$ Вт/см <sup>2</sup>
	Ft1000emt	$P_{in} = 0,98$ Вт $P_{out} = 0,069$ Вт $w = 8,8$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1,45$ Вт $P_{out} = 0,143$ Вт $w = 18,2$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1$ Вт $P_{out} = 0,154$ Вт $w = 19,6$ Вт/см <sup>2</sup>
	Fp1000urt	$P_{in} = 0,98$ Вт $P_{out} = 0,0692$ Вт $w = 8,8$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1,45$ Вт $P_{out} = 0,143$ Вт $w = 18,2$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1$ Вт $P_{out} = 0,155$ Вт $w = 19,7$ Вт/см <sup>2</sup>
	Fp1500urt	$P_{in} = 1,35$ Вт $P_{out} = 0,213$ Вт $w = 12,03$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1,96$ Вт $P_{out} = 0,42$ Вт $w = 23,7$ Вт/см <sup>2</sup>	$P_{in} = 1,32$ Вт $P_{out} = 0,429$ Вт $w = 24,24$ Вт/см <sup>2</sup>

Наибольшая плотность мощности наблюдается при комбинации светодиода L110-08500600000000 компании Lumileds и оптического волокна Fp1500urt компании Thorlabs. Плотность мощности на выходе в данной комбинации составляет  $24,24 \text{ Вт/см}^2$ , что превышает необходимое для создания альтернативы лазерным скальпелям значение плотности мощности, которое в ближней ИК области составляет  $5,6 \text{ Вт/см}^2$ .

Так же была проанализирована чувствительность узла ввода к радиальному и угловому смещению оптического волокна относительно оси светодиода. Наибольшая эффективность ввода наблюдалась при отсутствии радиального и углового смещений.

В ходе научно-исследовательской работы была исследована возможность создания эффективной волоконной системы доставки мощного светодиодного излучения для перспективного использования такой системы в составе светодиодного скальпеля. При использовании эффективной волоконной системы доставки мощного светодиодного излучения замена лазерных скальпелей, излучающих в ближнем ИК диапазонах спектра, светодиодными скальпелями представляется возможной.

### Литература

1. Kotluss, B. Laser versus scalpel for cosmetic eyelid surgery [Video file]. Retrieved December 08, 2016.
2. Fuller T.A. The physics of surgical lasers / T.A. Fuller // Lasers Surg Med. – 1980. – № 1 (5). – P. 14.
3. Rehman S. Specialty optical fibers make surgery less invasive / Saeed Rehman // bioPhotonics. – 2011.



**Плешков Андрей Александрович**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3475

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика  
и вычислительная техника

e-mail: and-pleshkov-1996@yandex.ru

**УДК 004.422.81: 658.512.4: 681.2**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ**

**А.А. Плешков**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев**

Проведение размерно-точностного анализа технологических процессов (ТП) изготовления деталей является важным и достаточно трудоемким этапом проектирования. Автоматизация этого процесса позволит значительно сократить сроки и материальные затраты на внедрение спроектированных изделий в производство. Существующий в настоящее время программный инструментарий не позволяет проводить полный, корректный и быстрый расчет линейных размерных цепей. Например, имеется программа «ТИС-Цепь», разработанная на кафедре технологии приборостроения (Университет ИТМО). Данная программа, написанная на языке программирования Fortran, обладает рядом существенных недостатков: отсутствует опция расчета несоосностей; возможность ужесточения допусков известных технологических размеров реализована некорректно; неудобный пользовательский интерфейс; для запуска программы на современных персональных компьютерах (ПК) необходимо использовать DOS (англ. Disk Operating System – дисковая операционная система) эмулятор.

Также имеется программа расчета линейных технологических размеров, разработанная в среде Microsoft Excel. Данная программа не имеет выше перечисленных недостатков, однако она обладает достаточно низким уровнем автоматизации. В рамках настоящей работы необходимо было модернизировать данную программу с целью повышения уровня автоматизации проведения расчета линейных размерных цепей, используя средства языка программирования Visual Basic for Applications (VBA).

Для достижения цели требовалось решить следующие задачи: изучить методику расчета линейных размерных цепей; модернизировать общую структуру программы и интерфейс вкладок; модернизировать имеющиеся и разработать новые алгоритмы работы программы, а также реализовать их; протестировать программу на конкретном ТП.

В основе программы расчета лежит методика расчета линейных размерных технологических цепей [1 – 3], разработанная в Северо-Западном заочном техническом университете. Для проведения расчета необходимо выполнить построение размерных схем по линейным размерам в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. На основе размерных схем строится система линейных уравнений размерных цепей. Далее технолог заполняет в программе матрицу линейных размерных цепей (рис. 1), которая динамически формируется после ввода числа конструкторских размеров, припусков и несоосностей. Для каждого уравнения указываются порядковые номера при расчете и с помощью кнопки запускается генерация расчетных вкладок и уравнений.

Матрица линейных размерных цепей (№ чертежа: — ; № размерной схемы: 1 ; наименование детали: Кронштейн)

Количество конструкторских размеров: 19    Количество припусков на обработку: 4    Количество несоосностей: 2     Блок-схема вклада К, Z и е

Количество технологических размеров должно быть = 25

Технологический размер не входит в размерную цепь: "пусто" или 0    Укажите в матрице линейных размерных цепей значение функции каждого технологического размера: ■ - допустимые значения, ■ - недопустимые значения

Технологический размер является увеличивающим звеном цепи (входит в размерную цепь со знаком "+"); 1  
Технологический размер является уменьшающим звеном цепи (входит в размерную цепь со знаком "-"); -1

Генерация листов и уравнений  
Корректировка уравнений  
Обнуление данных в матрице  
Удаление листов

	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	
1 К 1					1																					
2 К 2						1																				
3 К 3							1																			
10 К 4								1																		
4 К 5									1																	
5 К 6										1																
6 К 7											1															
7 К 8												1														
17 К 9													1													
8 К 10														1												
9 К 11															1											
10 К 12																1										
11 К 13																	1									
12 К 14																		1								
23 К 15																			1							
13 К 16																				1						
14 К 17																					1					
15 К 18																						1				
16 К 19																							1			
19 Z 1																										
20 Z 2																										
21 Z 3																										
22 Z 4																										
24 e 1																										
25 e 2																										

Рис. 1. Вкладка «Матрица» после ее заполнения

После генерации расчетных вкладок последовательно выполняется расчет технологических размеров по принципу полной взаимозаменяемости. На рис. 2 представлен результат расчета двухзвенной цепи, замыкающим звеном которой является конструкторский размер.

№ чертежа: —    № размерной схемы: 1    наименование детали: Кронштейн

**Размерная цепь (K9 = -T5 + T10)**

Замыкающий конструкторский размер	Искомый составляющий технологический размер	Известный составляющий технологический размер			
<b>K 9 = + T 10 - T 5</b>					

ВО<sub>ij</sub>, ВО<sub>ji</sub> - верхнее отклонение i-го констр-го или технол-го p-ра  
НО<sub>ij</sub>, НО<sub>ji</sub> - нижнее отклонение i-го констр-го или технол-го p-ра  
IT<sub>ij</sub>, IT<sub>ji</sub> - допуск i-го конструкторского или технологического p-ра  
K<sub>i</sub><sup>cp</sup>, T<sub>i</sub><sup>cp</sup> - среднее значение i-го констр-го или технол-го p-ра  
K<sub>i</sub><sup>мин</sup>, K<sub>i</sub><sup>макс</sup> - заданное или фактическое минимальное значение i-го констр-го p-ра  
K<sub>i</sub><sup>мин</sup>, K<sub>i</sub><sup>макс</sup> - заданное или фактическое максимальное значение i-го констр-го p-ра  
T<sub>i</sub><sup>мин</sup>, T<sub>i</sub><sup>макс</sup> - минимальное или максимальное значение i-го технол-го p-ра

<p>Искомый составляющий технологический размер</p> <p><b>T 10</b> - увеличивающий</p> <p>Расчетные значения</p> <p>IT T 10 = 0.18 мм (квалитет: 11..12 )</p> <p>T 10<sup>cp</sup> = 25 мм</p> <p>T 10 = 25 ± 0.09 мм</p> <p>T 10<sup>мин</sup> = 24.91 мм</p> <p>T 10<sup>макс</sup> = 25.09 мм</p> <p>Принятое значение искомого технологического размера</p> <p><b>T 10 = 25</b> мм</p> <p>T 10<sup>мин</sup> = 24.91 мм    T 10<sup>макс</sup> = 25.09 мм</p> <p><b>ПРОВЕРКА</b></p> <p>K 9<sup>мин</sup> = 9.82 мм ≥ K 9<sup>макс</sup> = 9.82 мм Условие выполняется</p> <p>K 9<sup>мин</sup> = 10.18 мм ≤ K 9<sup>макс</sup> = 10.18 мм Условие выполняется</p> <p>Принятое значение искомого технологического размера, а также величины его отклонений занесены в "Сводный лист"</p>	<p>Замыкающий конструкторский размер</p> <p><b>K 9</b> = 10 мм</p> <p>Расчетные значения</p> <p>ВО K 9 = 0.18 мм</p> <p>НО K 9 = -0.18 мм</p> <p>IT K 9 = 0.36 мм (квалитет: 14 )</p> <p>K 9<sup>cp</sup> = 10 мм</p> <p>K 9<sup>мин</sup> = 9.82 мм</p> <p>K 9<sup>макс</sup> = 10.18 мм</p> <p>Принятый квалитет: 11..12</p>	<p>Известный составляющий технологический размер</p> <p><b>T 5</b> - уменьшающий</p> <p>Расчетные значения</p> <p>ВО T 5 = 0.09 мм Для уточнения ВО замените значение</p> <p>НО T 5 = -0.09 мм Для уточнения НО замените значение</p> <p>IT T 5 = 0.18 мм (квалитет: 12 )</p> <p>T 5<sup>cp</sup> = 15 мм</p> <p>T 5<sup>мин</sup> = 14.91 мм</p> <p>T 5<sup>макс</sup> = 15.09 мм</p>	<p>Сумма средних величин известных уменьшающих размеров</p> <p>15 = 15 + + + мм</p>	<p>Значения увеличивающих размеров минимальные</p> <p>T 10<sup>мин</sup> = 24.91 мм</p>	<p>Значения увеличивающих размеров максимальные</p> <p>T 10<sup>макс</sup> = 25.09 мм</p>	<p>Значения уменьшающих размеров минимальные</p> <p>T 5<sup>мин</sup> = 14.91 мм</p>	<p>Значения уменьшающих размеров максимальные</p> <p>T 5<sup>макс</sup> = 15.09 мм</p>
<p>Сумма минимальных величин увеличивающих размеров</p> <p>Σ T 10<sup>мин</sup> = 24.91 мм</p>	<p>Сумма максимальных величин увеличивающих размеров</p> <p>Σ T 10<sup>макс</sup> = 25.09 мм</p>	<p>Сумма минимальных величин уменьшающих размеров</p> <p>Σ T 5<sup>мин</sup> = 14.91 мм</p>	<p>Сумма максимальных величин уменьшающих размеров</p> <p>Σ T 5<sup>макс</sup> = 15.09 мм</p>				

Рис. 2. Вкладка «K9» после расчета размерной цепи K9 = T10 – T5

Принятое значение искомого технологического размера автоматически заносится в сводный лист (рис. 3).

Величины конструкторских размеров, припусков и несоосностей				№ черт.: — № размерной схемы: 1 наим. дет.: Кронштейн	Величины расчетных технологических размеров				ВО - верхнее отклонение, НО - нижнее отклонение
№ п.п.	Обознач. и № замык. звена	Номинал	+/- Знач. ВО /-+ Знач. НО	Информационное сообщение	Обознач. и № технол. p-ра	Номинал	+/- Знач. ВО /-+ Знач. НО	Информационное сообщение	
1	K 1 =	1	+ 0.2 -0.2	Номинальное значение размера K1 введены на соответствующей вкладке	T 1 =	90	+ 0.3 -0.3	Номинальное значение технологического размера T1 и его отклонений рассчитаны и приняты	
2	K 2 =	12	+ 0.43 -0.43	Номинальное значение размера K2 введены на соответствующей вкладке	T 2 =	11	+ 0.3 -0.3	Номинальное значение технологического размера T2 и его отклонений рассчитаны и приняты	
3	K 3 =	15	+ 0.43 -0.43	Номинальное значение размера K3 введены на соответствующей вкладке	T 3 =	101	+ 0.4 -0.4	Номинальное значение технологического размера T3 и его отклонений рассчитаны и приняты	

Рис. 3. Верхняя часть вкладки «Сводный лист» после выполнения расчета

В результате модернизации был значительно повышен уровень автоматизации проведения расчета линейных технологических размеров. Основные отличия модернизированной версии программы приведены в таблице.

Таблица

#### Сравнительный анализ версий программы

Действие	До модернизации	После модернизации
Создание и удаление вкладок для расчета	Вручную	Автоматизировано
Использование матрицы линейных размерных цепей	Не используется	Для генерации уравнений размерных цепей
Выбор режима нумерации порядка расчета	Отсутствует	Имеется
Ввод значений известных составляющих размеров	Вручную	Автоматизировано
Определение номера качества	Вручную	Автоматизировано
Заполнение сводного листа	Вручную	Автоматизировано
Проверка формальной правильности ввода данных	Отсутствует	Имеется

Модернизированная программа облегчает работу технолога при расчете линейных размерных цепей, снижает вероятность ошибки и повышает качество проектирования ТП. Ее можно применять в учебном процессе и на производстве.

Программа имеет потенциал для дальнейшего усовершенствования. На данный момент остается не автоматизированным ввод параметров, определяющих минимальный расчетный припуск. Решение этой задачи требует тщательного анализа и создания большой базы данных, поскольку для автоматизации нахождения составляющих припуска требуются дополнительные входные параметры, такие как материал и вид заготовки, метод механической обработки, при котором формируется припуск, и т.д.

### Литература

1. Вороненко, А.Е. [и др.]. Основы технологии машиностроения: Учебно-методический комплекс. – СПб.: СЗТУ, 2010. – 265 с.
2. Помпеев К.П. Размерно-точностной анализ при автоматизированном проектировании надежных технологий // Современное машиностроение. Наука и образование – 2013. – № 3. – С. 600-609.
3. Валетов В.А., Помпеев К.П. Технология приборостроения. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013 – 234 с.



**Поддубный Владислав Алексеевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника  
и робототехника

e-mail автора: poddubnyvlad@yandex.ru

**УДК 681.2-2**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ  
СФЕРИЧЕСКОГО СКАНЕРА АНТЕННЫ**

**В.А. Поддубный**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Ю. Перепелкина**

Работа выполнена в рамках НИОКР №417015 «Автоматизированный сферический сканер для исследования пространственных характеристик антенн»

Автоматизированный сферический сканер предназначен для автоматизации процесса измерения напряженности поля в ближней зоне для малогабаритных антенн. Сферическая картина напряженности поля вокруг антенны используется для определения пространственных, амплитудных, фазовых диаграмм направленности, а также коэффициента усиления остронаправленных и слабонаправленных малогабаритных антенн, а также систем «антенна – обтекатель». Данный сканер предназначен для применения на предприятиях – изготовителях малогабаритных антенн для автоматизированной верификации их пространственных характеристик. В настоящее время, большинство исследований пространственных характеристик антенн проводятся по данным измерений в дальней зоне, что требует большой протяженности испытательного полигона. Кроме того, наличие отражения сигнала от поверхности земли негативно сказывается на точности измерений. Измерения характеристик антенн в ближней зоне имеют большую точность в сравнении с измерениями в дальней зоне. Разработка сферического сканера с безредукторным приводом является актуальной задачей на территории Российской Федерации в связи с отсутствием аналогов. Кроме того, разрабатываемое устройство позволит обеспечить лучшие точности позиционирования измерительного устройства по сравнению с зарубежными аналогами. Для устройства с высокими показателями точности необходимо основание, которое позволит обеспечить такую точность, задав базу в пространстве и обеспечив все необходимые для данного сканера технические характеристики.

В работе решалась задача проектирования и расчета основания установки для определения амплитудно-фазовых характеристик антенн методом сферического сканирования антенн. Для решения этой задачи были спроектированы:

- Основание-силовой несущий каркас для размещения элементов конструкции сканера
- Основание для крепления приемника сигнала

Основание для крепления приемника сигнала прикрепляется к угломестному приводу, представляет собой раму и поддерживает грузомaket приемника сигнала. По результатам расчетов, угловые ошибки за счет прогибов (отклонение реальной оси приемника сигнала от номинальной) составляют не более 0.95 угловых минут. Запас прочности в конструкции составил не менее 11, а запас по выносливости не менее 5 [2, 3].

Основание-силовой несущий каркас для размещения элементов конструкции сканера предназначен для размещения всех элементов конструкции сканера (азимутального и угломестного приводов, а также основания для крепления приемника сигнала), располагая ось азимутального привода перпендикулярно оси угломестного привода с отклонением от перпендикулярности, по расчетам, не более 0.4 угловых минут за счет прогибов конструкции. Спроектированное основание имеет возможность регулировать расположения узлов, что позволяет избавиться от ошибок вследствие прогибов и технологических неточностей изготовления. Запас прочности в конструкции составил не менее 21. В таком случае можно заключить, что все требования технического задания, выполнены, необходимые комплектующие, такие как Т-образные гайки, винты, профиль и резьбовые регулируемые опоры подобраны. Для унификации всей конструкции сканера выбранный материал для всех изготавливаемых деталей – АМгб, который достаточно легко обрабатывается, а также при проверках на прочность и жесткость показал себя хорошо, что подтверждается достаточно высокими коэффициентами запаса. Также, в конструкции использован конструкционный станочный профиль одного типоразмера – 40 на 80, что делает конструкцию более унифицированной [1, 4].

Суммарное отклонение от перпендикулярности осей азимутального и угломестного приводов составляет не более 0.604 угловых минут, что входит в допустимые пределы.

На рисунке изображена трехмерная модель сферического сканера антенн.

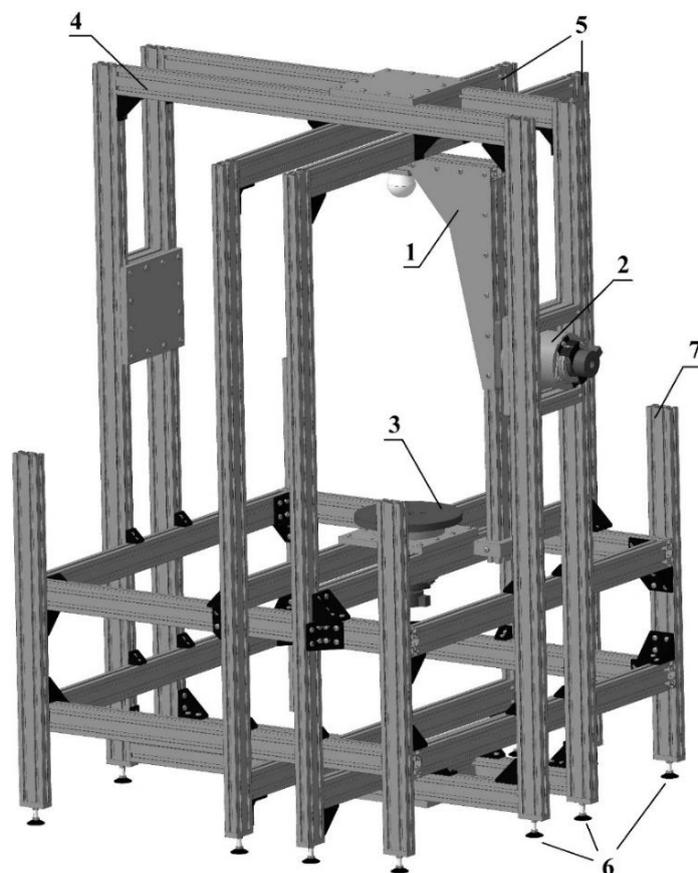


Рисунок. Трехмерная модель сферического сканера антенн

На данном рисунке 1 – основание для крепления приемника сигнала, 2 – Угломестный привод, 3 – азимутальный привод, 4 – срединная секция, 5 – боковые секции, 6 – резьбовые регулируемые опоры, 7 – ножки для регулирования расположения азимутального узла по высоте. Здесь вся конструкция, кроме позиций 3 и 4 представляет собой основание сферического сканера антенн.

В результате проделанной работы были разработаны 3-D модели основания установки сферического сканирования антенн, которое состоит из основания-силового несущего каркаса для размещения элементов конструкции сканера и основания для крепления приемника сигнала. Были проведены необходимые расчеты и симуляции, которые подтверждают, что конструкция спроектирована верно. Дальнейшая работа над проектом заключается в производстве опытного образца данного сканера, его тестирования и проработки полного комплекта конструкторской документации и юстировки.

### Литература

1. Александров А.В. Сопротивление материалов. Учеб. для вузов/ А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2003. – 560 с.
2. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор, расчет и указание на чертежах: Учеб. Пособие. 5-е изд./ В.И. Анухин – СПб.: Питер, 2012. – 256 с.
3. Брицкий В.Д. Разъемные соединения деталей и приборов. Учебное пособие/ В.Д. Брицкий, В.И. Рыбаков – Л.: ЛИТМО, 1991. – 74 с.
4. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов – 10-у изд., перераб. И доп./ В.И. Феодосьев – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 592 с.



**Прохоренкова Кира Федоровна**

Год рождения: 1997

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: prokhorenkova.kira@mail.ru

**УДК 637.146.3**

**ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ В СОСТАВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО  
ВЗБИТОГО ДЕСЕРТА С МЯКОТЬЮ МОРКОВИ**

**К.Ф. Прохоренкова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Н. Евстигнеева**

За последние десятилетия производители научились увеличивать срок годности, удешевлять рецептуры, улучшать структуру и вкусовые качества продуктов питания. Однако статистические данные говорят о росте сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний аллергического характера, ожирения и многих других заболеваний, традиционно связанных с питанием и образом жизни. Сегодня ситуация изменилась – производители и потребители продуктов питания стремятся делать более здоровый выбор.

СМИ и Интернет, активно пропагандируя здоровый образ жизни, учат потребителей обращать внимание на состав продуктов питания, которые они приобретают. Современный покупатель знает о Е-кодах, трансизомерах и насыщенных жирах в разы больше покупателя девяностых.

Следуя за потребительским спросом, многие производители продуктов питания активно развивают функциональные направления (продукты, обогащенные полезными компонентами) в своей ассортиментной линейке. Особенно это касается продуктов кисломолочной группы (йогурты, ряженка, различные напитки, обогащенные бифидобактериями и т.д.), зерновых и хлебобулочных изделий [1].

Кисломолочные продукты играют большую роль в питании человека из-за их лечебных и диетических свойств, они нормализуют обмен веществ, укрепляют иммунитет, формируют здоровую слизистую оболочку кишечника, способствуют выведению токсичных веществ, способствуют улучшению пищеварения [2].

Наиболее перспективным направлением расширения ассортимента молочных продуктов является применение при их производстве компонентов растительного происхождения, обладающих теми или иными полезными для здоровья человека свойствами.

Одним из таких растительных компонентов может служить морковь. Она богата витаминами А, Е, К, С, РР, В, а также микроэлементами – калием, фтором, йодом, железом, магнием, марганцем и другими. В ее составе присутствуют различные эфирные масла, стеролы и ряд ферментов.

Этот продукт богат каротиноидами (преобладающими являются  $\alpha$ -,  $\beta$ -каротины), что делает морковь источником провитамина А. Каротин оказывает определенное воздействие также на секрецию желудочного сока, вызывая сначала ее снижение, а затем повышение, ферментативная активность сока увеличивается. Каротиноиды, присутствующие в продукте, являются мощными антиоксидантами, которые могут нейтрализовать действие свободных радикалов. Они способны

понижать мутагенную активность, способствуя снижению риска возникновения некоторых видов рака [3, 4].

Частое потребление моркови способствует снижению риска возникновения диабета и заболеваний сердечно-сосудистой системы, снижению уровня холестерина в крови. Морковь оказывает антигипертензивное и ранозаживляющее свойства.

Целью работы являлось изучение возможности применения мякоти моркови при производстве взбитых молочных продуктов.

Задачи исследования: изучить органолептические и физико-химически показатели мякоти моркови, выбрать способ подготовки моркови для введения в состав продукта, определить рациональную дозу внесения фитокомпонента, подобрать дозу структурообразующего компонента для придания хороших органолептических показателей.

Планируется использование данного десерта в качестве функционального продукта. В качестве критерия являлось содержание каротиноидов в полученном десерте.

На основании проведенных исследований была подтверждена возможность применения пюре моркови при производстве взбитого кисломолочного десерта. Выбран способ подготовки моркови – варка в течение 120 минут, позволяющий получить однородную консистенцию продукта при максимальном сохранении исходного содержания каротиноидов в корнеплоде. Установлено, что внесение пюре моркови интенсифицирует кислотонакопление в молочно-растительной смеси. По-видимому, в моркови содержатся компоненты (например, витамины), которые стимулируют развитие микроорганизмов, именно поэтому сквашивание идет быстрее, поэтому рекомендовано вносить наполнитель в смесь до сквашивания. Рациональная доза внесения фитокомпонента составляет 15%. В качестве структурообразующего компонента для обеспечения устойчивой структуры десерта выбран желатин в количестве 3% от массы смеси.

### Литература

1. Барановский, А.Ю. Болезни нарушенного питания. Лечение и профилактика. Рекомендации профессора-гастроэнтеролога / А.Ю. Барановский. – СПб.: Наука и Техника, 2007. – 304 с.
2. Крючкова В.В. Перспективы развития функциональных продуктов питания / В.В. Крючкова, В.Ю. Контарева, М.И. Шрамко, И.А.Евдокимов // Молочная промышленность. – 2011. – № 8. – С. 36-37.
3. Новиков Р.С. Исследование и разработка технологии взбитых продуктов на основе цельного молока с использованием растительного сырья: Дис. Канд. техн. наук. – Кемерово, 2002. – 140 с.
4. Рогожина Н.В Развитие производства функциональных пищевых продуктов / Н.В. Рогожина // Переработка молока. – 2008. – № 3. – С. 25.



**Русских Виктория Юрьевна**

Год рождения: 1996

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: aandy\_andy@mail.ru

**УДК 664.**

## **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ СЕМЕНИ ЛЬНА**

**В.Ю. Русских**

**Научный руководитель – к.т.н., профессор Л.А. Забодалова**

На данном этапе развития современной пищевой промышленности большое внимание потребитель уделяет влиянию продуктов питания на здоровье и организм в целом. Одно из перспективных направлений в производстве инновационных продуктов на молочной основе – применение различных компонентов растительного происхождения, обладающих направленным действием на отдельные системы и органы человека или на организм в целом за счет наличия в их составе биологически активных веществ. В числе других растительных компонентов семена льна используются в качестве обогащающего ингредиента при создании пищевых продуктов. Их традиционно применяют при изготовлении масла, а также в качестве лечебного средства. С каждым годом возрастают тенденции использования льняного семени в пищевых и диетических целях благодаря его ценному составу, в котором присутствует ряд питательных элементов. Льняное семя имеет качественный липидный компонент, богато белками, клетчаткой, ароматическими кислотами, лигнином и гемицеллюлозой. Данные составляющие способствуют обеспечению широкого спектра биологических свойств, благодаря чему применение компонентов льняного семени в качестве добавки при производстве продуктов с функциональными свойствами имеет большое значение в пищевой промышленности [1 – 3].

Целью работы являлось изучение возможности применения компонентов семени льна при производстве кисломолочных напитков. На данном этапе исследований в качестве основного компонента для обогащения кисломолочного напитка использовали льняную слизь.

Задачи работы: обосновать выбор растительного компонента для создания кисломолочного напитка; провести исследования по подбору рационального гидромодуля для получения льняной слизи; провести сравнительную оценку процессов сквашивания разными пробиотическими препаратами; определить количество вносимой льняной слизи и изучить ее влияние на процесс сквашивания; исследовать показатели качества готовых продуктов.

В семенах льна слизь содержится в тонкостенных клетках кожицы. Известно, что для приготовления слизи не рекомендуется использовать измельчение, чтобы исключить переход липидов в экстракт. В работе для получения слизи использовали традиционный способ: семена льна заливали кипящей водой (температура воды должна составлять не менее 95 °С), встряхивали в течение 15 минут до получения прозрачной

бесцветной слизи, которую в дальнейшем процеживали и вносили в пастеризованную молочную смесь, подготовленную для заквашивания. Планируется также провести исследования по изысканию способов увеличения выхода целевого продукта (льняной слизи).

В результате биохимических процессов, протекающих при сквашивании молока, кисломолочные продукты приобретают диетические и лечебные свойства. Кисломолочные продукты легче усваиваются организмом, чем молоко, поскольку белки молока частично распадаются на более простые, легкоусвояемые вещества. В диетических кисломолочных продуктах образуются молочная кислота и диоксид углерода, которые оказывают влияние на секреторную деятельность желудочно-кишечного тракта, вызывая более интенсивное выделение желудочного сока и ферментов. При этом улучшается аппетит и ускоряется переваривание пищи. Пища усваивается с наименьшей затратой энергии, что очень важно при восстановлении ослабленных болезнью организмов. Кисломолочные продукты широко применяют для профилактики и лечения многих заболеваний, в особенности заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Планируется, что разрабатываемый кисломолочный напиток будет относиться к группе синбиотических продуктов, сочетающих в себе пробиотические заквасочные культуры и пребиотический компонент семян льна, способствующий интенсификации роста микроорганизмов закваски. В качестве закваски с пробиотическими свойствами использовали классический пробиотик — ацидофильную палочку. Исследуются также препараты Флористин, Нарине-Ф и Бифацил. Флористин и Нарине-Ф относятся к жидким пробиотикам, содержащие консорциум активных штаммов лакто- и бифидобактерий. Бифацил представляет собой сухую закваску, в состав которой входит комбинация бактериальных культур *L.acidophilus* и *Str. thermophilus*, а также бифидобактерии *B.bifidum* и *B.longum*. Пробиотические микроорганизмы заквасок способны нормализовать микрофлору кишечника, подавляя патогенную, гнилостную и газообразующую флору, обеспечивать противовирусную защиту, повышать общий иммунитет и сопротивляемость организма неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

На основании проведенных исследований подобран наиболее рациональный гидромодуль 1:3 и способ внесения слизи – перед началом процесса сквашивания. Установлено, что смеси, содержащие 1-3% льняной слизи, имели лучшие органолептические показатели и не ухудшали консистенцию сгустка. Выявлено, что льняная слизь не оказывает значительного влияния на процесс сквашивания смеси. Установлено, что при увеличении массовой доли слизи в смеси, увеличивается влагоудерживающая способность за счет способности льняной слизи связывать свободную влагу.

Выявлено, что с увеличением массовой доли вносимой льняной слизи эффективная вязкость снижается во всем диапазоне изменения градиента скорости. Количество вносимой слизи влияет на однородность сгустков и способность структуры к восстановлению. Наблюдается положительное влияние при внесении 1 – 3% слизи, большее количество оказывает отрицательное влияние. Органолептическая оценка образцов, полученных при сквашивании различными препаратами, показала, что продукты имеют наиболее близкие органолептические показатели к показателям традиционного йогурта, полученные с использованием препарата Флористин.

По совокупности исследуемых показателей, рекомендовано при производстве кисломолочного продукта, использовать препарат Флористин с добавлением льняной слизи 1 – 3%.

### Литература

1. Валу́й В.Т., Медведев М.Н., Юпатов Г.И., Немцов Л.М., Соболева Л.В., Драгун О.В., Дроздова М.С. Слизь семени льна как средство выбора лечения синдрома диспепсии у пациентов с хроническим гастритом и профилактики рецидива заболевания // Вестник фармации № 2 (60). 2013. – С. 68-72
2. Ворыханов А.Е., Сорокопуд А.Ф., Павлов С.С., Иванов П.П. Совершенствование технологии переработки семян льна с использованием вибрационного экстрактора // Техника и технология пищевых производств, 2012; N 1. С – 103-107.
3. Миневи́ч И.Э. /Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук // Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов, Москва, 2009.



**Смирнягина Ирина Александровна**

Год рождения 1996 год

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра прикладной биотехнологии,  
группа № Т3430

Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология

e-mail: irinkas\_96@mail.ru

**УДК 637.146, 663.88**

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ ФРУКТОВО - ЯГОДНОГО  
ЗАМОРОЖЕННОГО СМУЗИ С ТВОРОГОМ**

**И.А. Смирнягина**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова**

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

Сегодня все больше внимание уделяется вопросам здорового питания, употреблению в пищу полезных продуктов, насыщенных клетчаткой и обогащенных белком, содержащих необходимые для организма человека витамины, микроэлементы, полезные про - и пребиотики, биологически активные вещества. К таким продуктам можно отнести смузи. Четкого определения смузи нет, поэтому – это дает достаточно широкое поле для разработки рецептуры состава данного продукта, его консистенции, вариаций компонентов.

При выборе пищевых ингредиентов было уделено внимание таким растительным компонентам, как ягоды клубники и апельсин. Клубника обладает уникальными фармакологическими свойствами за счет широкого набора жизненно необходимых для организма человека веществ, комплексом полезных для здоровья физиологически активных ингредиентов, способствующих сохранению здоровья и увеличению продолжительности жизни. Основные полезные свойства апельсина обусловлены содержанием витамина С и пектина. Витамин С является прекрасным антиоксидантом, оказывает противовоспалительное и восстанавливающее действие на многие ткани, увеличивает устойчивость организма ко многим инфекциям, помогает лучшему усвоению железа и кальция и выводит из организма медь, свинец и ртуть [1 – 3].

Целью работы являлось разработка состава и отработка технологии продукта. Фруктовая смесь апельсина и ягод клубники использовалась в качестве основы, были исследованы их соотношения для формирования органолептических показателей готового продукта. В качестве дополнительного ингредиента был предложен – творог, который обогатит десерт белком и кальцием.

Образцы для исследования готовились следующим образом: апельсины очищают от кожуры, филетируют. Замороженные ягоды клубники проходят визуальную оценку на наличие дефектов. Апельсин и клубнику закладывают в блендер и тщательно взбивают до пюреобразного состояния. В мягкий творог вносятся охлажденные до температуры 10 – 12 °С сливки и сахар. Тщательно перемешивают до растворения сахара. Фруктово – ягодную смесь смешивают с творожной и тщательно перемешивают в блендере. Затем готовился раствор стабилизатора – желатина. Для этого в 0,5 л горячей воды растворяют 10 г сухого порошка желатина, остужают,

профильтровывают и вводят нужное количество в смесь, тщательно перемешав. Смесь разливают в формы и ставят замораживаться на 8 – 10 ч.

В процессе исследования определено соотношение фруктово-ягодной основы, соответственно 54% клубники и 46% апельсина, которое отвечало наилучшим вкусовым характеристикам; было решено использовать мягкий творог 5%-ый торговой марки «Простоквашино». Фруктово-ягодная смесь с добавлением мягкого творога имела однородную структуру и приятный вкус.

Помимо фруктово – ягодного сырья и творога в состав рецептуры были включены следующие компоненты: сахар-песок – для создания гармоничного вкуса; желатин – используется как стабилизатор; сливки – для более мягкой консистенции и нежного вкуса. Отрабатывались дозы внесения и способы подготовки компонентов. На основании выполненных экспериментов была разработана рецептура смузи с творогом, представленная в табл. 1.

Таблица 1

#### Рецептура готового продукта

Наименование ингредиента	Количество, кг
Замороженные ягоды клубники	27,3
Апельсин свежий	22,8
Творог с м.д. жира 5%	34,2
Сливки с м.д. жира 20%	6,8
Сахар	8,9
ИТОГО:	100

Была рассчитана биологическая, пищевая и энергетическая ценность готового продукта. Биологическая ценность готового смузи относительно высока и при отсутствии лимитирующих незаменимых аминокислот составляет 55%.

Результаты расчета пищевой и энергетической ценности готового продукта представлены в табл. 2.

Таблица 2

#### Пищевая и энергетическая ценность смузи на 100 г

Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
8	2,7	13,3	80,4

По результатам оценки пищевой и энергетической ценности, смузи представляет собой низкокалорийный продукт, богатый белком.

Смузи является полезным и питательным продуктом, за счет содержания в его составе натуральных компонентов. Введение в состав смузи творога позволяет повысить содержание аминокислот в продукте, витаминов и минеральных веществ. Добавление творога в смузи сделало его более сытным и питательным.

При отработке процесса замораживания смузи была выявлена необходимость в стабилизации структуры продукта. В результате исследования в качестве стабилизатора был выбран желатин, с дозой внесения 1% от массы готовой смеси, который обеспечил формирование однородной структуры без образования кристалликов льда. В результате проведенных исследований разработана рецептура смузи с творогом в свежем и

замороженном виде с добавлением стабилизатора.

Дальнейшие исследования будут направлены на обогащение полученного продукта витаминными и минеральными компонентами с пролонгированными сроками годности.

### Литература

1. Кварацхелия В.Н. Разработка технологии замороженных фруктово-ягодных десертов функционального назначения: диссертация. Кубанский ГАУ, Краснодар, 2017.
2. Надточий Л.А. Инновации в биотехнологии. Ч.2. Пищевая комбинаторика: учеб.-метод. пособие/ Л.А. Надточий, О.Ю. Орлова// СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 37 с.
3. Тихомирова, Н.А. Замороженный десерт повышенной пищевой ценности/ Н.А. Тихомирова// Пищевая промышленность. – 2003. -№6. – С.62.



**Стоколяс Ирина Андреевна**

Год рождения: 1995

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра вычислительной техники

Направление подготовки: 09.03.01 – Информатика

и вычислительная техника

e-mail: ira.stokolias@gmail.com

**УДК 004.932:791.41**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ФОРМАТА 360 ГРАДУСОВ**

**И.А. Стоколяс**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент П.В. Балакшин**

**Актуальность темы.** В современном мире активно развиваются и используются технологии фото- и видеосъемки формата 360 градусов. Фотографии этого формата называются сферическими или эквидистантными панорамами. Наибольшее применение сферические панорамы нашли в виде виртуальных туров в приложениях Google и Яндекс карт. С развитием цифровой фототехники появились специализированные фотоаппараты. Снимки с этих камер требуют дополнительной обработки, что требует затрат времени со стороны пользователя на преобразование исходного изображения с камеры к панорамному изображению [1]. Исходный снимок и панорама представлены на рис. 1.



Рис. 1. Исходное изображение и эквидистантная панорама

**Целью работы** является автоматизация действий пользователя по обработке исходных изображений с камер формата 360 градусов.

В работе уделено внимание анализу существующих решений для обработки изображений и преобразованию их к формату сферических панорам. В ходе анализа существующих коммерческих решений для обработки изображений были изучены преимущества и недостатки наиболее распространенных и удобных для пользователя программ: Kolor Autopano Giga и Gear 360 ActionDirector.

Из недостатков программ следует выделить:

- большое количество ошибок преобразования в области наложения изображений с разных линз камеры для программы Gear 360 ActionDirector;
- высокие трудозатраты со стороны пользователя и высокое время, затрачиваемое пользователем на ручное создание модели преобразования изображения для программы Kolor Autopano Giga.

На основании особенностей исследованных программных решений и в соответствии с потребностями пользователей были составлены функциональные и нефункциональные требования к программному решению, включая: удобный и ненагруженный пользовательский интерфейс, возможность автономной обработки изображения или группы выбранных изображений без излишних настроек программного средства со стороны пользователя.

Для реализации программного решения был выбран язык Java 8, так как это объектно-ориентированный кроссплатформенный язык программирования, который имеет большие возможности для решения различных задач собственными средствами и обеспечивает необходимую поддержку сторонних библиотек. Для реализации методов преобразования изображения была выбрана сторонняя библиотека BoofCV, которая является адаптированной версией для языка Java библиотеки компьютерного зрения OpenCV [2, 3]. Выбранная библиотека имеет методы преобразования различных изображений.

Архитектура разработанного приложения представлена на рис. 2. Входной точкой программы является класс «MainGUI», реализующий интерфейс и инициирующий вызов методов обработки изображения. Интерфейс «Pano» и класс «PanoBoofCvImpl» описывают модель преобразования изображения с использованием методов библиотеки BoofCV.

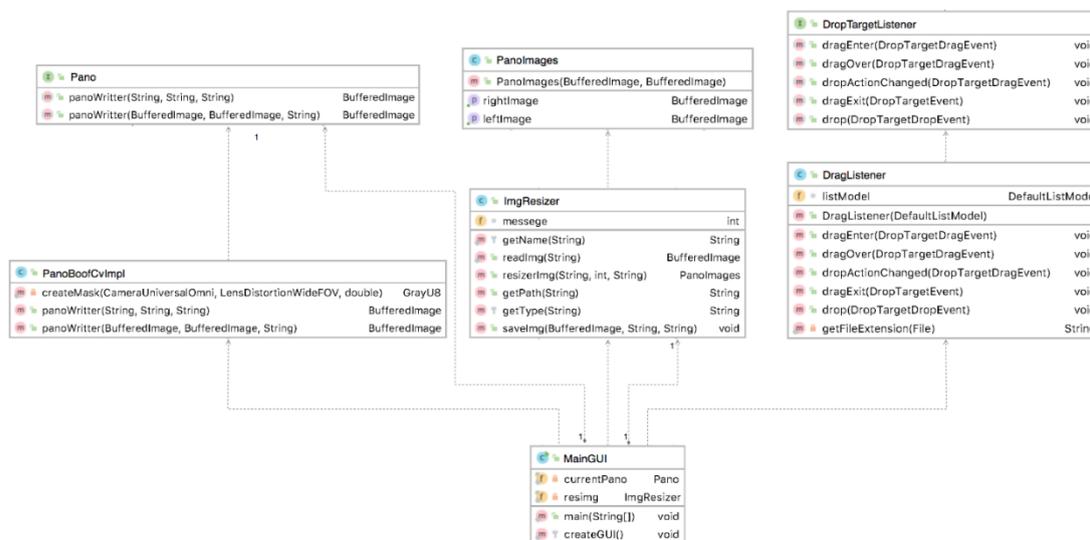


Рис. 2. Архитектура разработанного решения

Для каждого исследованного коммерческого решения и собственного реализованного решения был проведен ряд экспериментов по обработке изображения, в ходе которых измерялось время, затрачиваемое пользователем на настройку программы, и время работы алгоритма – время рендера. На основании полученных данных были вычислены средние значения измеренных величин, представленные в табл. В результате проделанной работы было разработано программное решение для обработки изображений формата 360 градусов, которое максимально автоматизирует работу пользователя, что значительно сокращает время, затрачиваемое пользователем на обработку изображения. Текущие особенности архитектуры реализованного приложения позволят в относительно короткий период времени реализовать дополнительный функционал по обработке изображения: улучшение качества изображения, возможности свето- и цветокоррекции изображения или группы изображений.

**Сравнение временных характеристик работы программ**

	Gear 360 ActionDirector		Kolor Autopano Giga		Разработанное приложение	
	1	20	1	20	1	20
Количество изображений, файлов						
Среднее время, затраченное пользователем, с	25,3 ± 0,5	25,3 ± 0,6	127,25 ± 30	2500,0 ± 60	16,05 ± 2,8	16,04 ± 2,8
Среднее время рендера, с	3,73 ± 0,12	74,3 ± 0,15	3,37 ± 0,06	70,3 ± 0,15	5,7 ± 0,04	78,0 ± 0,6

В работе также проведен подробный анализ полученных результатов экспериментов и выявлены преимущества и недостатки, реализованного программного решения. На основании недостатков можно определить следующие направления дальнейших исследований:

- введение многопоточности в работу алгоритма;
- введение многопоточной обработки нескольких изображений для повышения производительности работы.

**Литература**

1. Снимаем сферическую панораму – Фотожурнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://photo-element.ru/ps/spherical/spherical.html>, своб.
2. Bradski, G. Learning OpenCV – Computer Vision with the OpenCV Library / G. Bradski, A. Kaehler. – O'Reilly Media, 2008. – 580 с.
3. Эккель, Б. Философия Java / Б. Эккель. – М.: Питер, 2016. – 809 с.



**Титаренко Михаил Алексеевич**

Год рождения: 1997

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,  
группа № V3416

Направление подготовки: 09.03.03 – Прикладная информатика  
в информационной сфере  
e-mail: mik199997@gmail.com

**УДК: 612.15**

## **МЕТОДЫ АВТОФОКУСИРОВКИ В СИСТЕМАХ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ**

**М.А. Титаренко**

**Научный руководитель – к.т.н. М.В. Волков**

Системы оптоинформатики в области биофотоники для неинвазивной диагностики и мониторинга сердечно-сосудистой и кровеносной систем с использованием высокоразрешающих и высокоскоростных средств видеорегистрации позволяют оперативно оценивать функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Исследование параметров микроциркуляторного русла позволяет получить данные для текущей и прогностической оценки состояния сосудистой системы человека, что особенно актуально при диагностике и лечении широкого спектра социально значимых заболеваний.

Различные бесконтактные методы анализа состояния биоткани реализуются с использованием техники оптической микроскопии. Метод видеокapилляроскопии (ВКС), относящийся к методам цифровой микроскопии, основан на анализе последовательности видеокadров, отражающих динамику тока крови в капиллярах. Метод ВКС позволяет восстанавливать параметры капиллярного кровотока для отдельных капилляров.

Одним из разделов ВКС является ВКС ногтевого ложа человека [1 – 4]. В окрестности ногтевого ложа капиллярная сеть имеет существенные особенности. Капилляры вытянуты параллельно ногтевой пластине, что облегчает их наблюдение и позволяет восстановить скорость кровотока. В работе предложены методы автофокусировки для ВКС ногтевого ложа на основе измерения и анализа изменения фокусировки от степени давления пальца на подложку. Одной из проблем измерения живых объектов является сложность закрепления образца. Случайные флуктуации напряжения мышц приводят к изменению силы давления пальца на подложку, подушечка пальца пружинит и капилляры над ногтевой пластиной оказываются смещены относительно фокуса системы. В зависимости от многих факторов смещение фокусировки может быть различным для разных пациентов. По этой причине калибровка выполняется для каждого пациента перед началом измерения.

В ходе работы разработан макет установки ВКС с пассивной автофокусировкой с использованием пьезопозиционера и микропозиционера (рисунок.). Для управления оборудованием разработано ПО. Проведены исследования параметров оборудования в составе установки.

Разработаны методики калибровки установки и проведения экспериментов и соответствующего ПО для проведения измерений ВКС. Выполнено тестирование разработанной системы ВКС, подтверждена эффективность предложенных решений.

Проведен ряд экспериментов, демонстрирующих эффективность разработанных

установки и методов автофокусировки.

Работа имеет важное значение для развития методов неинвазивной диагностики и мониторинга сердечно-сосудистой и кровеносной систем.

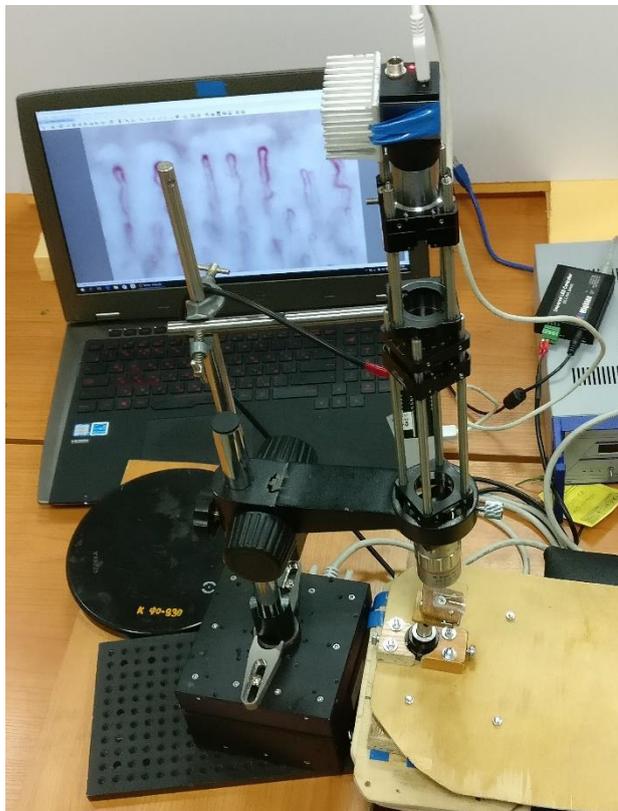


Рисунок. Установка ВКС с системой автофокусировки

### Литература

1. Gurov I.P., Volkov M.V., Margaryants N.B., Pimenov A., Potemkin A. High-speed video capillaroscopy method for imaging and evaluation of moving red blood cells // *Optics and Lasers in Engineering* - 2017, in press (<https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2017.09.003>).
2. Volkov M.V., Margaryants N.B., Potemkin A.V., Volynsky M.A., Gurov I.P., Mamontov O.V., Kamshilin A.A. Video capillaroscopy clarifies mechanism of the photoplethysmographic waveform appearance // *Scientific Reports* - 2017, Vol. 7, pp. 13298.
3. Dremin V.V., Margaryants N.B., Volkov M.V., Zhukova E.V., Zherebtsov E.A., Dunaev A.V., Rafailov E. Assessment of tissue ischemia of nail fold precapillary zones using a fluorescence capillaroscopy // *Proceedings of SPIE* - 2017, Vol. 10412, pp. 104120W.
4. Volynsky M.A., Volkov M., Margaryants N., Gurov I.P., Kamshilin A.A. Blood Peripheral Circulation Assessment Method Based on Combined Use of the Video-Capillaroscopy, Imaging Photoplethysmography, and Electrocardiography // *Optics InfoBase Conference Papers* - 2016, Vol. F8-DH, pp. JT3A.26.



**Тихонов Павел Алексеевич**

Год рождения: 1997

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3477

Направление подготовки: 12.03.01 – Приборостроение

e-mail: Wasabys@Yandex.ru

**УДК 53.088.23**

## **ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВАЛОВ ПРИ ИХ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ**

**П.А. Тихонов**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов**

Геометрическая точность изделий – это одна из важнейших характеристик их качества, что для приборостроения является особенно важным. Как известно, под геометрической точностью изделий понимают точность их размеров, точность формы и точность взаимного расположения поверхностей [1].

Получение изделий с абсолютной точностью невозможно из-за неизбежного возникновения при их изготовлении систематических и случайных погрешностей, которые в общем случае необходимо минимизировать, а для этого требуется знать причины их возникновения [2].

В различных справочниках и учебниках по технологии машино- и приборостроения десятки лет, как аксиома, трактуется утверждение, что при жесткостях бабок (передней и задней), значительно большей, чем жесткость заготовок, у обработанного вала появляется погрешность формы в виде «бочки», в противном случае, при обратном соотношении жесткостей этих элементов, погрешность приобретает форму «корсета» [3, 4]. Однако, во всех подобных источниках не указаны соответствующие математически выведенные соотношения между жесткостями заготовки и бабок, при которых погрешность формы готового вала переходит одна в другую и становится минимальной.

Цель данной работы – рассмотрение минимизации погрешности формы сплошного бесступенчатого цилиндрического вала, изготавливаемого в центрах токарного станка, зависящей от жесткости элементов технологической системы.

Были проведены расчеты отхода заготовки от резца, находящегося в трех различных ее точках – в центре заготовки, в районе передней бабки, и в районе задней бабки [5]. В первом случае рассматривалась деформация, образующаяся при равенстве значений жесткостей передней и задней бабки.

На рис. 1 приведен график, анализируя который, можно утверждать, что погрешность формы полностью минимизируется при жесткости заготовки, превышающей жесткость бабок в два раза.

Далее был рассмотрен случай, при котором жесткости бабок разные, поскольку в условиях реального производства проблематично обеспечить равенство жесткостей рассматриваемых элементов технологической системы.

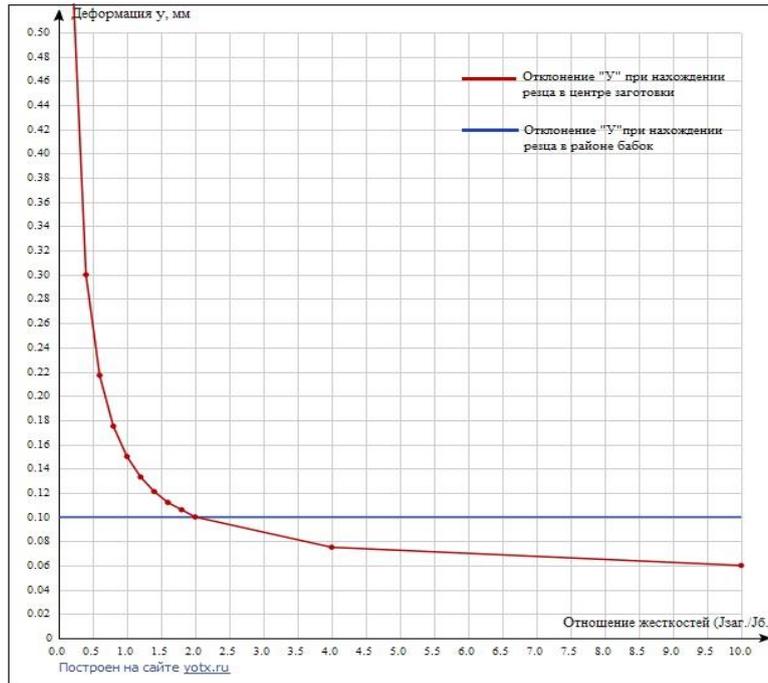


Рис. 1. Зависимость отхода обрабатываемой поверхности заготовки от резца от отношения жесткостей заготовки к жесткости бабок при условии одинаковости последних

На рис.2 приведен график, исходя из которого, можно сделать вывод, что погрешность формы становится минимальной в том случае, когда кривая отклонения «У» при резце в центре заготовки лежит между кривыми отклонений «У» в районе передней и задней бабок.

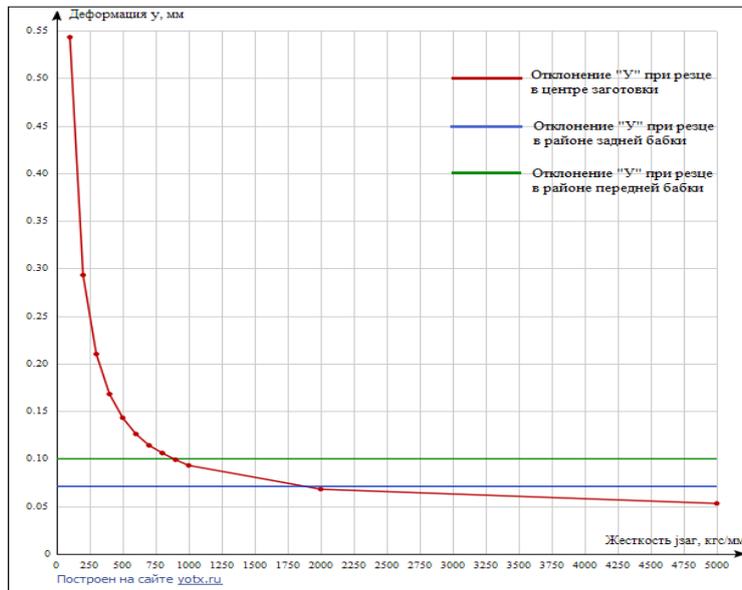


Рис. 2. Зависимость отхода обрабатываемой поверхности заготовки от резца от жесткости заготовки

Был проведен эксперимент, целью которого было проверить правильность теоретических формул, используемых при выполнении данной работы, с использованием реальных режимов резания.

Как видно из рис. 3, обработанный вал приобрел погрешность бочкообразности, поскольку отход обрабатываемой поверхности от резца в середине оказался большим, чем по краям заготовки, однако, не на одинаковую величину, поэтому погрешность бочкообразности накладывается на небольшую конусность. Рассчитанное по теоретическим формулам [5] значение диаметра отличается от фактического размера опытного образца на 0,028 мм, что можно объяснить отклонениями химического состава сплава в пределах допуска. Таким образом, экспериментальные результаты подтвердили правильность используемых формул, поэтому имеет смысл утверждать, что рассчитанные ранее величины деформации верные.

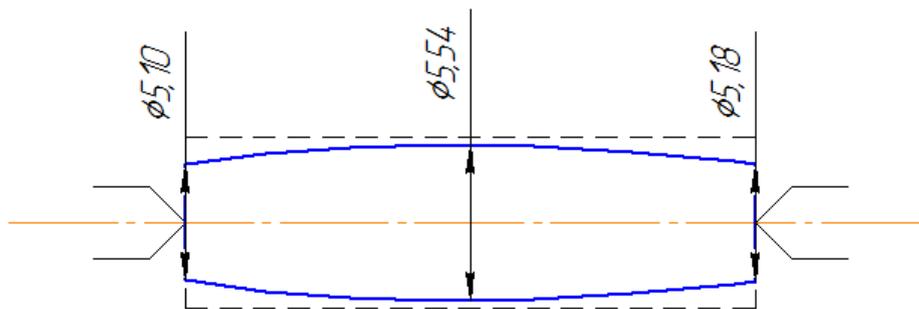


Рис. 3. Результат эксперимента

Обобщая результаты работы, можно отметить следующее:

- при одинаковых величинах жесткостей передней и задней бабок, погрешность формы исчезает в том случае, если жесткость заготовки вдвое больше жесткостей бабок;
- при разных величинах жесткостей передней и задней бабок, погрешность формы минимизируется в том случае, когда жесткость заготовки лежит в определенных пределах по отношению к жесткостям менее жесткой и более жесткой бабки;
- для достижения нормируемой точности требуется управлять величиной жесткости заготовки, доводя её до оптимального состояния, например, с помощью люнетов или управления режимами резания.

### Литература

1. Валетов В.А., Помпеев К.П. Технология приборостроения. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 234 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
3. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. – М.: «Высшая школа», 2003. – 560 с.
4. Данилевский В.В. Справочник молодого машиностроителя. – М.: «Высшая школа», 1973. – 648 с.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.



**Усков Иван Владимирович**

Год рождения: 1996

Факультет программной инженерии и компьютерной техники,  
кафедра вычислительной техники,  
группа № Р3411

Направление подготовки: № 09.03.04 – Программная инженерия

e-mail: ivanuskov@cs.ifmo.ru

**УДК 004.822**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ  
СЕТИ ДЛЯ ПОИСКА ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ**

**И.В. Усков**

**Научный руководитель – ассистент С.В. Клименков**

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

Одна из задач автоматической обработки текста — извлечение именованных числовых характеристик. Это может быть полезно во многих сферах — маркетинг (анализ предложений конкурентов), статистика (извлечение числовых данных из различных источников на естественном языке), различные инструменты — агрегаторы данных (например, сайт, собирающий информацию о характеристиках и ценах товаров из множества интернет-магазинов) и во многих других. В первую очередь данная задача сводится к поиску данных в различных текстах. В ходе анализа было выявлено несколько подходов и инструментов для решения данной задачи:

- веб-скраппинг [1];
- инструменты для обработки естественного языка [2];
- анализ контекстно-свободных грамматик [3], в частности Томита Парсер;
- фреймовая семантика [4].

Ввиду недостатков первых трех подходов (неприменимость к естественному языку у веб-скрапперов и сложность составления словаря у грамматики у Томита Парсера) был выбран подход, основывающийся на фреймовой семантике.

В результате анализа существующих решений был предложен подход, основывающийся на фреймовой семантике с использованием семантических сетей с возможностью описания каждого элемента фрейма в виде смысла из семантической сети. Числовая характеристика будет подразумевать наличие единицы ее измерения и объекта, к которому она относится. Тогда наличие объекта и единицы измерения локализует область нахождения числа, выражающего характеристику.

В результате анализа различных источников, содержащих числовые данные, было выявлено два основных фрейма, по которым они могут быть представлены. Данные фреймы представлены на рисунке.

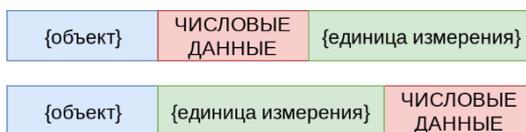


Рисунок. Семантические фреймы числовых данных

Целью работы стала разработка системы автоматизированного поиска и извлечения числовых характеристик из текста на естественном языке. С учетом поставленной цели и специфики выбранного подхода были поставлены следующие задачи:

1. Сформировать фрагмент семантической сети, предназначенный для поиска характеристик, содержащий единицы измерения.
2. Предложить и реализовать алгоритм поиска числовых данных в тексте на естественном языке, основанный на семантических фреймах.
3. Предложить и реализовать алгоритм поиска и преобразования чисел на русском языке.

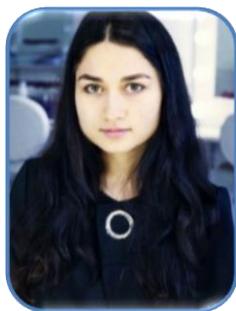
Маркером именованной числовой характеристики в тексте служит ее единица измерения. Так, площадь может измеряться в арах, гектарах, квадратных метрах, акрах и многих других величинах. При этом сама единица тоже может иметь семантическое значение — площадь квартиры не измеряется в квадратных километрах. В связи с этим было принято решение искать числовые данные по соседству с токеном, соответствующим по смыслу подходящей в рамках предметной области единице измерения. Для этого была применена семантическая сеть. За основу семантической сети с единицами измерения была взята и доработана онтология РуТез [5, 6].

После локализации числовых данных задача свелась к преобразованию числа из текстового представления в его значение. В результате анализа существующих решений для русского языка подходящего найдено не было, так что возникла необходимость в таком инструменте. В результате была проанализирована структура записи чисел в русском языке, в соответствии с ней описана грамматика и реализован парсер чисел.

В результате работы были проанализированы шаблоны представления числовых данных в текстах на естественном языке, сформированы семантические фреймы для их поиска, сформирована семантическая сеть для предметной области и реализован парсер чисел на русском языке.

## Литература

1. Malik S. K., Rizvi S. A. M. Information extraction using web usage mining, web scrapping and semantic annotation //Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2011 International Conference on. – IEEE, 2011. – С. 465-469.
2. Manning C. et al. The Stanford CoreNLP natural language processing toolkit //Proceedings of 52nd annual meeting of the association for computational linguistics: system demonstrations. – 2014. – С. 55-60.
3. Charniak E. Statistical parsing with a context-free grammar and word statistics //AAAI/IAAI. – 1997. – Т. 2005. – №. 598-603. – С. 18.
4. Fillmore C. J. Frame semantics and the nature of language //Annals of the New York Academy of Sciences. – 1976. – Т. 280. – №. 1. – С. 20-32.
5. Письмак А.Е., Харитоновна А.Е., Цопа Е.А., Клименков С.В. Метод автоматического формирования семантической сети из слабоструктурированных источников // Программные продукты и системы - 2016. - № 3. - С. 74-78
6. Алексеев А. А., Добров Б. В., Лукашевич Н. В. Лингвистическая онтология–тезаурус РуТез. – 2013.



**Усманова Фируза Салаватбатыровна**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра световых технологий и оптоэлектроники,  
группа № В3432

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: [fira-usmanova@mail.ru](mailto:fira-usmanova@mail.ru)

**УДК 004.421**

## **ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА СТЕПЕНИ САМОПОДОБИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**Ф.С. Усманова**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Т. Прокопенко**

В современном мире человека окружает огромное количество факторов, влияющих на его стресс, поэтому представляет интерес исследования способов для улучшения самочувствия и работоспособности человека. На самочувствие человека влияют образ его жизни, качество потребляемой пищи, общение в социуме, а также визуальное и эстетическое качество окружающей среды вокруг него. Все данные факты ведут к психофизическому спаду продуктивности человека, что негативно сказывается на его окружении, в деловых и эмоциональных отношениях с которыми он состоит [1]. Именно поэтому представляет актуальность решения проблемы борьбы со стрессом, так как огромное количество людей испытывают стресс, который влечет за собой неприятные последствия в виде различных заболеваний и расстройств нервной системы.

Существуют различные методики восстановления психоэмоционального состояния человека: арт-терапии, рекреационные зоны отдыха, природная среда, архитектура и т.п. Яркие положительные эмоции человек получает при просмотре фильма, присутствии в театре или при рассмотрении северного сияния и звезд на небе, что является важным фактором в реабилитации его психофизического состояния. Это значит, что визуальные составляющие в нашей повседневной жизни могут благоприятно воздействовать на психоэмоциональное состояние человека [2]. В ходе различных экспериментов подтверждается гипотеза о том, что фрактальные изображения положительно влияют на психоэмоциональное состояние человека и установлен факт, что человек симпатизирует изображениям, которые обладают фрактальным характером. Учеными доказано, что изображения, которые лежат в промежутке фрактальной размерности от 1.3 до 1.5 наиболее благоприятно влияют на самочувствие человека [3]. Поэтому целесообразно оценивать сложность структуры формы объекта на фрактальную размерность.

Таким образом, целью данной работы является поиск характерных паттернов степени самоподобия (фрактальной размерности) для нашего визуального окружения: городская среда, естественная природная среда, а также контент лазерного театра Lux Aeterna, и заключение о возможном влиянии динамических изображений на психофизическое состояние человека.

Для анализа визуальных составляющих нашего окружения на фрактальную размерность, необходимо при помощи оптоэлектронного устройства записать их в видеофайл и выдвинуть критерии к этому устройству. Это означает, что изображение должно обладать высокой четкостью, большой информативностью и хорошим

разрешением, чтобы программа смогла адекватно оценить контура изображений и фрактальную размерность. Учитывая данные требования и доступную видеоаппаратуру, была выбрана модель оптоэлектронного устройства DJI OSMO, которая обладает встроенной системой трехосевой стабилизации.

Главным критерием к алгоритму является автономность, которая подразумевает предварительный подбор и реализацию универсальных действий, которые будут применимы для разных параметров данных из разного рода видеоконтента. Поэтому были выбраны те операторы, которые позволили меньше взаимодействовать с компьютером и меньше влиять на результаты фрактальной размерности.

Основная задача после чтения видеофайла в память ПО Matlab – это с высокой точностью и малой погрешностью выделить контура изображения. Приведен пример на рисунке, какого рода изображения были заданы программе, при которых возникли погрешности и неточности стандартного алгоритма Канни по детектированию границ (рисунок).



Рисунок. Примеры изображений, с которыми стандартный алгоритм Канни справился с явными неточностями

Основной проблемой при тестировании стандартного детектора Канни выявилось присутствие мелких деталей как в светлых тонах рисунка, так и в тенях; побочное обнаружение границ и контуров в шумах при анализе ночной съемки. Также проблемным является выделение границ на изображениях с явными градиентами яркости, что не дает резких перепадов интенсивности в областях, соответственно информации для проведения контура алгоритмом.

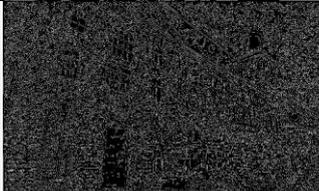
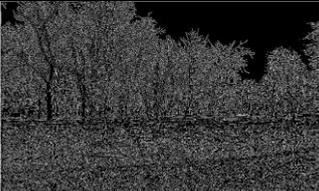
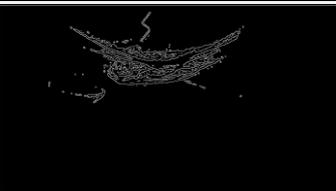
Основной идеей нового алгоритма является разделение исходного изображения по уровням интенсивности яркости пикселей, в нашем случае было выбрано 5 диапазонов. Интенсивность яркости пикселя может лежать в диапазоне от 0 до 255.

Алгоритм подразумевает разделение изображения на 5 изображений, в которых информация перенесена из соответствующих диапазонов яркости. Затем для каждого из 5 изображений проводилось детектирование границ при помощи детектора Канни. После данной операции происходила склейка 5 изображений в одно, тем самым получая верно выделенные контура и в тенях, и в светлых областях изображения. Но на данном этапе работа над изображением не заканчивалась, далее подключались операторы из библиотеки по работе с контурами для удаления побочных границ, объединения разорванных границ и уменьшения тех, которые лежат близко друг к другу.

В таблице представлены результаты работы алгоритма, на котором отображены детектирование границ обычным алгоритмом и модифицированным.

Таблица

**Сравнительный анализ работы стандартного детектора границ Канни и модифицированного алгоритма Канни, а также соответствующие им фрактальные размерности изображений**

Описание кадра	Университет ИТМО в ночное время суток	Парк адмиралтейства, дневное время	Контент театра Lux Aeterna
Исходное изображение			
Стандартный детектор границ Канни			
Модифицированный детектор границ Канни			

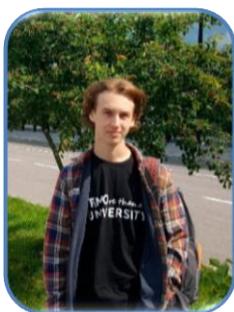
Для выявления характерных особенностей городской, природной среды, а также визуальной составляющей лазерного театра Lux Aeterna было записано 37 видеофрагментов с длительность по 40 секунд каждый. В ходе работы были получены положения и результаты, достигнутые в ходе решения поставленных задач:

- Выдвинуты критерии по оборудованию для съемки видео-контента;
- Выдвинуты критерии по качеству и формату съемки видео-контента, который был проанализирован на фрактальную размерность;
- Предложен и реализован новый алгоритм по детектированию границ на базе детектора Канни;
- Реализован инструмент в ПО Matlab по автономной работе с динамическим визуальным рядом, разной степени сложности и характера наполнения, с возможностью вывода на экран пользователя значений фрактальной размерности, интенсивности яркости и их графиков зависимости от времени видеофрагмента, а также средних значений и отклонений для всего видеоролика.

В ходе работы при помощи математического анализа и такого параметра как фрактальная размерность  $D$ , были оценены визуальные составляющие городской и природной среды, а также лазерного театра Lux Aeterna и выявлены их средние значения, которые составляют для города  $1.6 \pm 0.035$ , для естественной среды  $1.79 \pm 0.02$  и для лазерного театра Lux Aeterna  $1.33 \pm 0.018$ . Исходя из полученных данных и обзора литературы, можно сделать заключение, что в наиболее благоприятном диапазоне ( $1.3 < D < 1.5$ ) лежит визуальная составляющая лазерного театра Lux Aeterna.

### Литература

1. Л.О. Ткачева, “Воздействие фрактальных динамических изображений на функциональное состояние человека,” Вестник СПбГУ, vol. 2, no. 12, pp. 378–386, 2010.
2. V. Spehar, “Universal aesthetic of fractals,” Comput. Graph., vol. 27, no. 5, pp. 813–820, 2003.
3. R.P. Taylor, “Some reflections on the relevance of fractals for art therapy,” Arts Psychother., vol. 33, no. 2, pp. 143–147, 2006.



**Устюгов Иван Анатольевич**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника и робототехника

E-mail: johnustyugov@gmail.com

**УДК 629.58**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО НЕОБИТАЕМОГО АППАРАТА**

**И.А. Устюгов**

**Научный руководитель – старший Д.В. Куприянов**

Данная работа посвящена особенностям проектирования телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) наблюдательного класса, применяемого для задач подводной видеосъемки в режиме реального времени на глубинах до 50 метров. По результатам обзора существующих зарубежных и отечественных аналогов ([1, 2, 3] и других) предложены два варианта модификации энергоэффективной компоновочной схемы с тремя двигателями [4], обеспечивающих основные типы движения аппарата для подводной видеосъемки, в том числе и лаговый ход (например, при обследовании протяженных бортов судов). На основе одной из предложенных схем спроектирован ТНПА, изображенный на рис. 1 (А и Б).

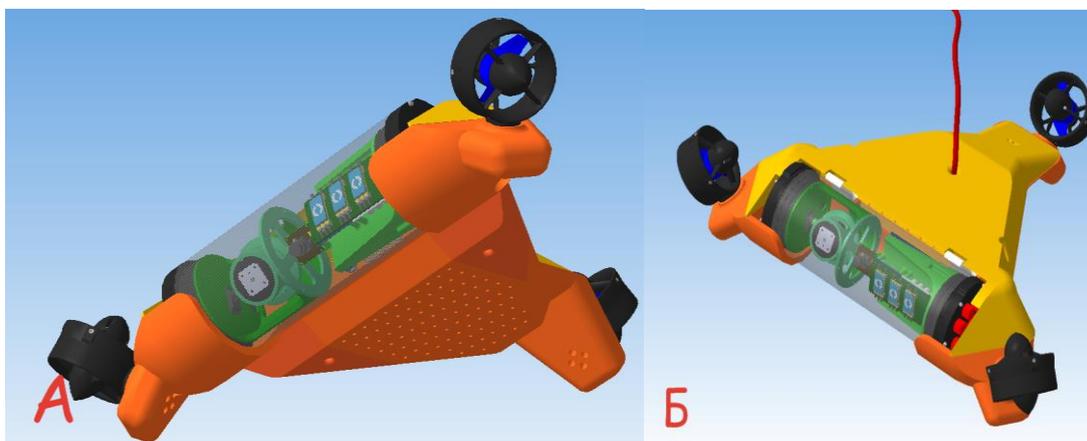


Рис. 1. Модель спроектированного ТНПА: А) вид снизу; Б) вид сверху

Особой отличительной чертой является то, что суммарный вектор тяги в пространстве может иметь любое направление, а в преимущественных направлениях движения возможно от единичного (передний/задний ход) до двукратного (погружение/всплытие) увеличения, чем, если бы был применен один привод для перемещения по заданной оси. Для лагового хода это увеличение составляет 1,5. В заданной на рис. 2 системе координат при угле  $\alpha = 45^\circ$  рассчитаны проекции векторов на оси:

$$OZ: \begin{cases} F_{AZ} = |\vec{F}_A| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \\ F_{BZ} = |\vec{F}_B| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \\ F_{CZ} = |\vec{F}_C| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases}; OX: \begin{cases} F_{AX} = |\vec{F}_A| \cdot \frac{3}{4} \\ F_{BX} = -|\vec{F}_B| \cdot \frac{3}{4} \\ F_{CX} = 0 \end{cases}; OY: \begin{cases} F_{AY} = |\vec{F}_A| \cdot \frac{\sqrt{2}}{4} \\ F_{BY} = |\vec{F}_B| \cdot \frac{\sqrt{2}}{4} \\ F_{CY} = -|\vec{F}_C| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases}.$$

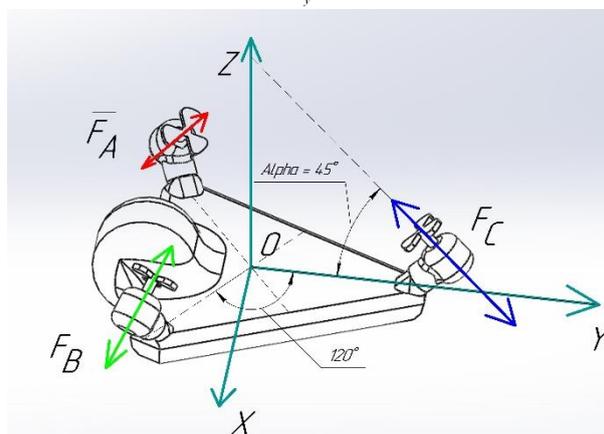
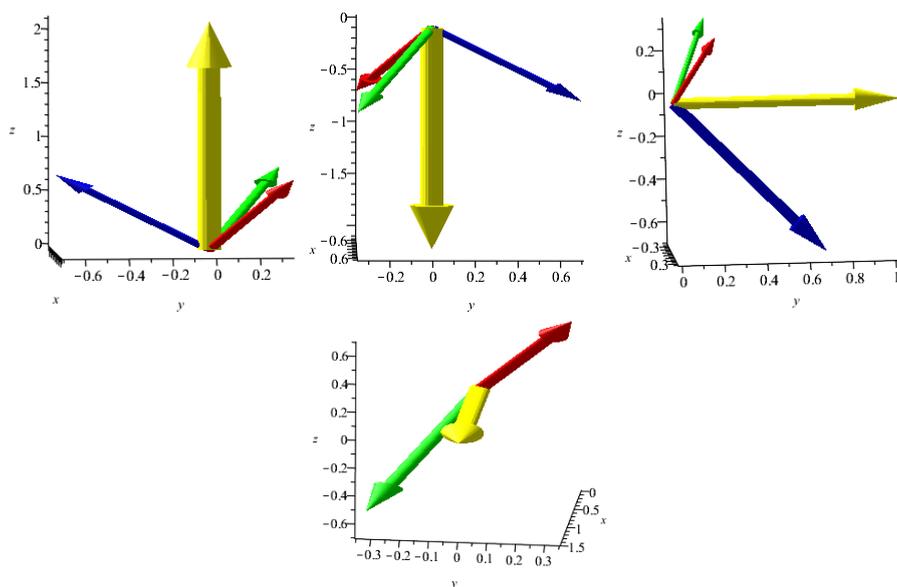


Рис. 2. Суммарный и векторы тяги каждого из движителей ( $\vec{F}_A$  – красный,  $\vec{F}_B$  – зеленый,  $\vec{F}_C$  – синий, суммарный  $\vec{F}$  – желтый) для преимущественных типов движения (всплытие/погружение, передний/задний ход, лаговый ход)

В качестве прочного корпуса применяется корпус-основание, изготавливаемый трехмерной печатью методом послойного нанесения АБС пластика (акрилонитрил-бутадиен стирол). Все конструктивные элементы спроектированы в системе автоматизированного проектирования (САПР) DS Solidworks. Подобрано бортовое электронное оборудование, которое укомплектовывается в герметичный передний отсек. В качестве основного контроллера применяется одноплатный малогабаритный компьютер Raspberry Pi 3 Model B+. Спроектированы платы управления мощным светодиодом (мощность 8 Вт, световой поток 900 лм) и вспомогательного контроллера, обеспечивающего обмен данными с периферийными устройствами в режиме реального времени (выведены интерфейсы SPI, USART, I2C для подключения дополнительного

оборудования). Выбор автономной питающей батареи произведен по энергетическому потреблению бортового оборудования.

Проектирование блока плавучести (поплавка) выполнено исходя из условий обеспечения нейтральной плавучести аппарата в морской воде ( $\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$ ), применения балластной в два килограмма. В качестве материала поплавка применяется экономически выгодная полиуретановая пена, которая не требует специализированного инструмента для обработки. Балластная масса используется для балансировки аппарата в воде (расположения центра тяжести под центром величины). В конструкции аппарата предусмотрены отсеки для балластных масс, компенсирующих силы плавучести дополнительного оборудования.

В работе приводятся необходимые расчеты, обосновывающие выбор компонентов и их проектирование. Для обеспечения герметичности «сухих» отсеков и структурной целостности корпуса выполнено прочностное моделирование в ANSYS Mechanical, основанное на исследованиях (зарубежных ученых и проведенных на кафедре мехатроники университета ИТМО) образцов, изготовленных по технологии трехмерной АБС пластиком. Указаны меры по обеспечению водонепроницаемости герметичных вводов для проводов.

В заключительной части работы с помощью компьютерного моделирования в ANSYS Fluent получены зависимости суммарной силы сопротивления от скорости движения спроектированного аппарата и подъемной силы от скорости аппарата, подтверждающие способность выбранных двигателей обеспечивать необходимую суммарную тягу для достижения скоростей 0,4-0,5 м/с.

В ходе работы подготовлена теоретическая база для последующего изготовления испытательного образца ТНПА наблюдательного класса по модифицированной компоновочной схеме, поверхностного буя связи, создания программного обеспечения бортовых контроллеров управления и устройства оператора. Спроектированный корпус аппарата способен выдерживать гидростатическое давление на максимальной глубине погружения (50 метров). В течение одного часа аппарат способен функционировать на скоростях до 0,5 м/с и передавать видео высокого разрешения на устройство оператора. В состав бортовых систем входит поворотный узел камеры и осветительного прибора, системы удержания курса и глубины. Масса аппарата составляет 10,22 кг, а габаритные размеры равны 679 x 602 x 148 мм, что позволяет транспортировать мехатронное устройство в легковом автомобиле и обеспечивает переносимость силами оператора. Его стоимость составляет около 1700 \$. Наличие автономного бортового электропитания обуславливает возможность применения устройства в качестве автономного необитаемого подводного аппарата.

## Литература

1. Trident Underwater Drone [Электронный ресурс] / OpenROV // OpenROV website. – 2018. - Режим доступа: <https://www.openrov.com/products/trident/>.
2. DTX2 [Электронный ресурс] / Deep Trekker // Deep Trekker website. – 2018. Режим доступа: <https://www.deeptrekker.com/dtx2/>.
3. ГНОМ стандарт [Электронный ресурс] / Подводная робототехника. – 2018. Режим доступа: <https://gnomrov.ru/products/gnom-standard/>.
4. Moore S.W. et al. Underwater robotics: Science, design & fabrication. – Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010.

**Фартуков Сергей Владимирович**

Год рождения: 1996 г.

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,  
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,  
группа № Т3437

Направление подготовки: 15.03.02 – Технологические машины  
и оборудование

e-mail: sergey.96f@gmail.com

**УДК 664.8.03**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И РЕЖИМОВ СУШКИ ШИПОВНИКА С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА**

**С. Фартуков**

**Научный руководитель – доцент, к.т.н. В.Т. Антуфьев**

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

На сегодняшний день в каждой аптеке можно найти сушеные плоды шиповника, как в измельченном виде, так и целые ягоды. Шиповник, как лекарственное средство очень популярен, особенно среди людей пожилого возраста, за счет своих многочисленных полезных свойств и низкой цены в сравнении с дорогостоящими препаратами.

Шиповник богат своими целебными свойствами, им лечат различные заболевания. Впервые его полезные свойства описал древнегреческий естествоиспытатель Теофраст в IX веке до нашей эры. Теофраста еще называют "отцом ботаники". С тех пор прошло много веков, а настоем, отваром, настойкой и маслом шиповника повышают не только умственную и физическую способность, но еще и укрепляют иммунитет. Растение помогает справиться с простудой, заболеваниями ротовой полости, гайморитом, приводит в норму артериальное давление, помогает восстановить сердечнососудистую систему, а так же эффективен при заболеваниях желудочно-кишечного тракта и нервных расстройствах [1, 2].

Шиповник является наиболее ярким представителем растения, содержащего в себе большое количество витамина С, что и делает его "борцом" с вирусными заболеваниями. Но, к сожалению, при изготовлении лекарственных препаратов, немалая часть витамина "С" теряется в процессе сушки. Этот факт и послужил отправной точкой для данной дипломной работы.

В этом научном исследовании мы интенсифицировали процесс сушки плодов шиповника. Мы разработали режим сушки по абсолютно новой технологии, которая не использовалась ранее. Новизна данной технологии заключается в том, что сушка плодов происходит в пароконвектомате с наложением ультразвуковых волн на данный процесс.

Ультразвук – это волнообразное колебательное движение, которое совершают частицы среды. У ультразвука есть свои способности, которые отличают его от диапазона звуков, которые мы слышим. Ультразвук повышает интенсивность совершаемых колебаний благодаря тому, что он хорошо фокусируется. Колебания, которые производит ультразвук в твердых телах, газах и жидкостях, широко применяется во многих областях науки и техники. Ультразвук в наше время очень важен в различных сферах человеческой жизни [3 – 5].

Нашей задачей являлось провести опыты и получить результаты, которые в дальнейшем позволили бы увеличить экономическую выгоду при продаже сушеного шиповника путем сокращения времени сушки, а самое главное сохранить более высокое содержание полезных элементов плодов шиповника.

Число колебаний ультразвука составляет 20 тысяч раз в секунду. Именно эти колебания позволяют теплomu воздуху намного быстрее разрушать пограничный слой и проникать к центру ягоды.

Сушка шиповника проводилась в пароконвектомате марки *Angelo Po FX61e1* со встроенным ультразвуковым технологическим аппаратом для газовых сред серии "Соловей", модель УЗАГС-0,3/22-О.

По результатам опытов, произведенных в ходе выпускной квалификационной работы можно сделать следующие выводы:

1. Нами применен абсолютно новый, ранее не использованный прием сушки шиповника с помощью невысоких температур, а именно до 60°C. Процесс производился с наложением ультразвуковых волн, частотой 22000 Гц.

2. Применение ультразвука позволяет увеличить скорость процесса сушки в 3 раза и в перспективе уменьшить количество испаренных витаминов на 20-30 %.

3. Увеличение скорости процесса позволяет снизить затраты на оплату труда и затраты на производственную площадь. Так же увеличение скорости позволяет сократить себестоимость продукта.

4. Применение новых технологий позволяет в большей степени сохранить все эфиры. Это улучшает как внешний вид, так и вкусовые качества плодов. В свою очередь, внешний вид и улучшенный вкус позволяют поднять цену продажи, так как ягоды данного формата больше ценятся на рынке.

### Литература

1. Игнатъев Б.Д. Шиповник и его использование / Б.Д. Игнатъев; под. ред. проф. Ф.В. Церевитинова. Новосибирск, 1946. – 320 с.
2. Клязника В.Г. Содержание витаминов С, Р и каротиноидов в плодах шиповника Казахстанского Прииртышья / В.Г.Клязника, В.И.Морозов // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: материалы Междунар. конф. – М., 2004.– Т. 1. – С.46 – 49.
3. Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 1997.
4. В.Н. Хмелев; Г.В. Леонов; Р.В. Барсуков; С.Н. Цыганок; А.В. Шалунов "Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве", 2007. – 400с.
5. Хмелев В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203с.



**Цапов Александр Владимирович**

Год рождения: 1996 г

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника  
и робототехника

e-mail: sapov96@mail.ru

**УДК 004.358**

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ЖЕСТОВ**

**А.В. Цапов**

**Научный руководитель – преподаватель И.А. Бжихатлов**

В настоящее время все более популярными становятся различные гаджеты для удобного управления компьютерами, смартфонами и другими подобными устройствами. Особое внимание стало уделяться беспроводным контроллерам и устройствам захвата движений. Так же с развитием технологий виртуальной и дополненной реальностей возникла потребность в новых устройствах ввода, так как старые оказались не приспособлены для удобного взаимодействия пользователя с этими средами. Однако из-за того, что подобные технологии и устройства только начинают разрабатываться, цены на них очень велики, и не каждый может себе позволить их приобрести, что затрудняет их развитие и продвижение в широкие массы [3].

Целью работы являлась разработка устройства, считывающего положение кисти и пальцев руки человека и имеющее достаточный радиус связи для взаимодействия с другими устройствами. Устройство представлять собой сборную конструкцию из 6 частей: 1 главный корпус с микроконтроллером и 5 корпусов с датчиками движения, которые будут соединяться с главным корпусом посредством проводов. По функционалу и точности разработанное устройство не сильно отстает от высокобюджетных аналогов, однако его себестоимость в несколько раз меньше.

В качестве микроконтроллера в устройстве используется отладочная плата Arduino Nano. Она обладает небольшими размерами и достаточной функциональностью для выполнения поставленных задач. Для обеспечения связи с другими устройствами был выбран Bluetooth модуль HC05. Он имеет дальность связи 10 метров и скорость обмена данными до 115200 бод, что более чем достаточно для разрабатываемого устройства. Для определения положения кисти и пальцев руки пользователя был выбран модуль гироскопа и акселерометра GY-521 на микросхеме MPU-6050. Модуль включает в себя 3-х осевой гироскоп и акселерометр, датчик температуры.

С датчиков необходимо было получить 3 угла: углы рысканья, тангажа и крена. С гироскопа считывались скорости его вращения по 3 осям. Чтобы перевести эти данные в углы, их необходимо было проинтегрировать. С акселерометра считывались ускорения по 3 осям, чтобы получить углы наклона была использована формула:

$$asx = \arctan\left(\frac{accY}{accZ}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

где  $asx$  – угол наклона устройства вокруг оси  $X$ ,  $accY$  и  $accZ$  – проекции ускорения свободного падения на ось  $Y$  и ось  $Z$  акселерометра.

Далее данные фильтровались, из-за наличия в микромеханических гироскопах и акселерометрах собственных шумов, а также дрейфа нуля у гироскопа и слишком высокой чувствительности к внешним воздействиям у акселерометра. Для подавления шумов и других недостатков применяют фильтр Калмана [1], или комплементарный фильтр (альфа-бета фильтр) [2]. В работе были получены сравнительные характеристики двух фильтров, однако комплементарный фильтр оказался быстрее при таких же качественных показателях, что и фильтр Калмана.

Модули GY-521 подключаются к микроконтроллеру по шине I2C и могут иметь всего 2 различных адреса, и для того чтобы подключить и корректно считывать с них данные был использован аналоговый мультиплексор CD4051. С его помощью микроконтроллер поочередно меняет адреса датчиков таким образом, чтобы каждый раз, когда нам необходимо считать данные с нужного нам датчика, его адрес был 0x69, а у остальных пяти датчиков – 0x68. В итоге была спроектирована схема, представленная на рис. 1.

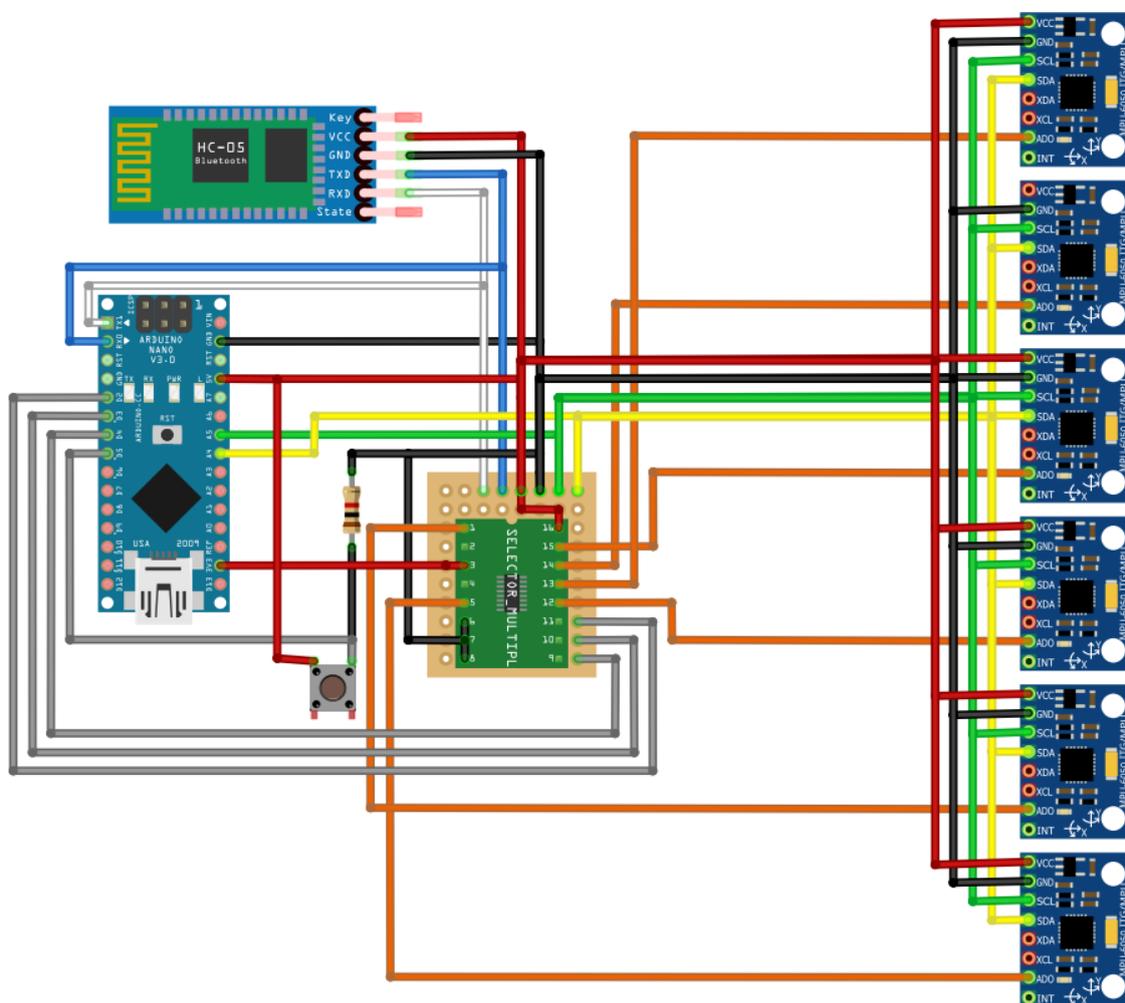


Рис. 1. Макетная схема устройства

Так же был собран прототип устройства, представленный на рис. 2. Корпуса спроектированы в программной среде SolidWorks и распечатаны на 3D принтере из пластика ABS.



Рис. 2. Прототип устройства

Итогом работы стал работающий прототип устройства для управления при помощи жестов. Дальность действия составляет 10 м, значения с датчиков переводятся в углы наклона по трем осям и обрабатываются при помощи комплементарного фильтра. В ходе работы над устройством был собран макет, затем устройство было спаяно и установлено в заранее изготовленный корпус. Корпус сделан таким образом, что защищает устройство от внешних повреждений и позволяет подключать его к компьютеру для настройки и прошивки микроконтроллера. Собранный прототип устройства запрограммирован в среде Arduino IDE. Общая стоимость всех компонентов составляет не более 2000 рублей. Данное устройство можно настроить для управления компьютером, смартфоном или планшетом, модулями для умного дома, различными VR и AR технологиями, манипуляторами и другими подобными устройствами. Для демонстрации возможностей устройства были сделаны 2 сцены в программе V-REP для управления машинкой и управления освещением. В дальнейшем работа над устройством будет продолжена, будут решаться вопросы об уменьшении габаритов, питании, будет разработан пользовательский интерфейс и реализовано больше возможностей для практического использования данного устройства.

### Литература

1. Фильтр Калмана – Введение. [Электронный ресурс]. URL:<https://habr.com/post/140274/>
2. Олег Евсегнеев. Комплементарный фильтр. [Электронный ресурс]. URL:<http://robotclass.ru/articles/complementary-filter/>
3. Андрей Бибичев. «На пороге дополненной реальности: к чему готовиться разработчикам.» [Электронный ресурс]. URL:<https://habr.com/post/118123/>



**Цибин Андрей Игоревич**

Год рождения: 1997

Факультет программной инженерии и компьютерной техники  
кафедра компьютерных образовательных технологий,  
группа № Р3420

Направление подготовки: 09.03.02 – Информационные системы  
и технологии

e-mail: tsibin.andr@gmail.com

**УДК 004**

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ, СДАЧИ И ПРОВЕРКИ ЗАДАНИЙ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ПРОГРАММИРОВАНИЕ"**

**А.И. Цибин**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Ефимчик**

Работа выполнена в рамках темы выпускной квалификационной работы по теме "Разработка информационной системы создания, сдачи и проверки заданий по дисциплине "программирование"".

В настоящее время дистанционное и электронное образование продолжает активно развиваться, создаются новые протоколы, системы и методы организации и проведения электронных курсов по множеству различных дисциплин. Между тем, программирование, являясь одной из самых многочисленных по количеству существующих на данный момент материалов дисциплин, по-прежнему имеет ряд ограничений и недостатков в механизмах выполнения и проверки работ обучающихся [1, 2].

Для выявления недостатков существующих решений было проведено исследование нескольких наиболее крупных из представленных на рынке систем для создания, проведение и проверки испытаний по дисциплине программирование.

В качестве основных ограничивающих факторов существующих на сегодняшний день решений можно выделить:

- необходимость применения браузерных редакторов исходного кода вместо использования интегрированных сред разработки, знакомых обучающимся;
- необходимость отправки работ на сервер для получения хотя бы частичного отчета о результатах проверки и связанное с этим время ожидание ответа;
- сокрытие полного набора тестов, используемых для проверки работы решения обучающегося, влекущее за собой отсутствие подробной информации об ошибке в решении;
- отсутствие проверок работ на плагиат, механизмов добавления дополнительных ограничений на решения, проверок и оценок качества кода.

Учитывая выявленные недостатки, можно сделать вывод, что общей стороной существующих решений является их практическая непригодность для задач, имеющих более высокие требования к сложности задач и качеству решений. Именно поэтому, основной задачей данной работы являлось создание системы, способной дать обучающемуся опыт, максимально совпадающий с натуральными условиями рабочего процесса современного программиста: программиста, который следит не только за работоспособностью своего кода, но и за его качеством, а преподавателю – автоматизированную систему проверки заданий, включающую анализ качества кода и анализ на плагиат.

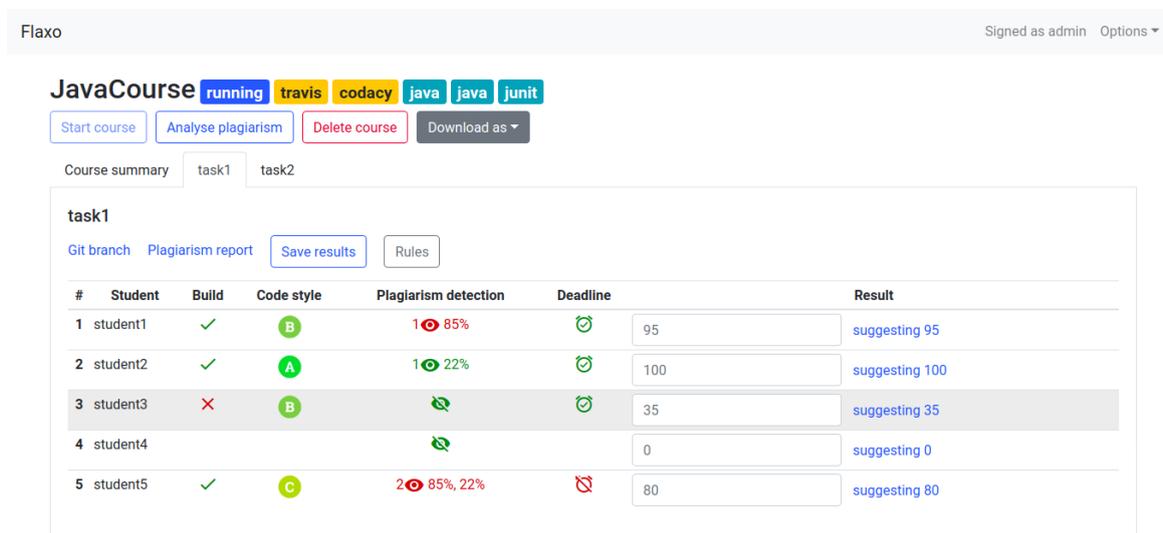
На основании проведенного обзора аналогов и анализа выявленных ограничений в процессах сдачи и проверки решений обучающихся одно из возможных решений заключалось в создании системы, интегрированной с сервисами распределенных систем контроля версий и сервисами непрерывной интеграции, которые позволят автоматизировать процесс сдачи и проверки соответствия работ обучающихся спецификациям, указанным преподавателем.

При этом задания, тесты и решения должны находиться в открытом доступе на серверах одного из провайдеров систем контроля версий, проверка решений и качества кода должна осуществляться сервисами непрерывной интеграции и статического анализа кода, а проверка на плагиат – специализированным сервисом поиск плагиата в коде.

Для реализации системы был выбран ряд современных инструментов, технологий и языков программирования. Помимо прочего, были выбраны вендоры каждого из интегрированных сервисов. Выбор проводился на основании множества критериев: существование крупного сообщества разработчиков, количество поддерживаемых языков и технологий и т.д. Итоговый список содержит следующие сервисы:

- сервис непрерывной интеграции – Travis,
- сервис статического анализа кода – Codacy,
- сервис анализа плагиата – Moss.

В результате проектирования и разработки была создана система, оркеструющая 4-мя внешними сервисами, которые позволяют обеспечивать проверку каждого поступающего решения по каждому из критериев: прохождение тестов, качество кода и наличие плагиата. Система состоит из клиентской и серверной части и содержит 13 программных модулей. На рисунке приведен интерфейс страницы с успеваемостью обучающимися.



#	Student	Build	Code style	Plagiarism detection	Deadline	Result
1	student1	✓	B	1👁 85%	🕒 95	suggesting 95
2	student2	✓	A	1👁 22%	🕒 100	suggesting 100
3	student3	✗	B	👁	🕒 35	suggesting 35
4	student4			👁	🕒 0	suggesting 0
5	student5	✓	C	2👁 85%, 22%	🕒 80	suggesting 80

Рисунок. Страница просмотра статистики задания.

В качестве образовательного эксперимента система была использована в учебном процессе по дисциплине «Информатика», преподаваемой студентам первого курса университета ИТМО, обучающимся по программе «Нейротехнологии и программирование».

Задачей студентов являлось прохождения курса, созданного с использованием разработанной системы и содержащего два задания на языке Java. Для курса был

подготовлен набор материалов с подробным описанием поставленных в нем задач, а также механизмов сдачи заданий.

Система показала свою работоспособность в рабочих условиях и сэкономила большое количество времени преподавателю, проверив значительное количество работ и выдав подробный отчет об успеваемости обучающихся.

Собранная обратная связь показывает, что система является удобным дополнением образовательного процесса как с точки зрения преподавателя, так и обучающегося.

Полученная система имеет широкий спектр применения, обеспечивая для обучающегося среду разработки, аналогичную современной среде промышленной разработки, а для преподавателя - подробный анализ каждого решения. При этом, сложность задач, которые система способна ограничена лишь настройками интегрированных сервисов.

### Литература

1. Andrey V. Lyamin, Oleg E. Vashenkov. Virtual laboratory: Multi-Style code editor // 25th International Conference on Data Engineering. - 2009. - 9 с.
2. Vladimir L. Uskov, Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain. Smart Education and e-Learning 2017 // 4th International KES Conference on Smart Education and Smart e-Learning. - 2017. - 498 с.



**Цыпуштанова Екатерина Сергеевна**

Год рождения: 1996.

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра оптико-электронных приборов и систем,  
группа № В3405

Направление подготовки: 12.03.02 – Оптехника  
e-mail: [katya.tsypushtanova@mail.ru](mailto:katya.tsypushtanova@mail.ru)

**УДК 535.65, 681.7**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО АНАЛИЗАТОРА КАЧЕСТВА ПШЕНИЦЫ**

**Е.С. Цыпуштанова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов**

Настоящая работа направлена на исследование различных методов анализа качества пшеницы с использованием технологий технического зрения и цифровой обработки изображений.

Зерно используют в различных целях: формируются продовольственный, семенной и фуражный фонды. В зависимости от назначения к качеству зерна предъявляются определенные требования. Нормы качества зерна отражены в специальных нормативно-технических документах – стандартах. Стандарт является основным государственным документом, в котором записаны нормы по всем основным показателям качества. Они являются обязательными для сельского хозяйства и отраслей промышленности, перерабатывающих зерно.

В стандартах на пшеницу 19 из 29 показателей качества определяются органолептическим способом (визуально) [1]. К таким показателям относят цвет, размеры, зараженность зерна, стекловидность, цвет и размеры засорителей зерна, и др. Они являются важными как для проведения торговых операций, так и для технологов – при переработке зерна в муку и крупу. Определение этих показателей требует от работников производственно-технической лаборатории повышенного внимания, напряжения и вызывает быстрое переутомление зрительного аппарата.

Технологии компьютерной обработки и анализа цифровых изображений в наше время быстрыми темпами внедряются во все сферы деятельности человека. Современный уровень развития математического аппарата, компьютерной техники и приборов для формирования цифровых изображений объектов позволяет создать инструментальные, экспрессные методы и средства измерения для объективной оценки качества зерновых, взамен визуальных оценок.

Целью работы является исследование возможностей создания бесконтактного неразрушающего оптико-электронного анализатора качества пшеницы (ОАЭ-П) для оценки качества партии зерна с определением показателей зерна в соответствии с ГОСТ 10967-90 [2] и дальнейшего подсчета количественного соотношения примеси в соответствии с ГОСТ 30483-97 [3]. Целевое назначение ОАЭ-П – отработка алгоритмов извлечения информативных признаков зерна и обнаружения примеси, соответствующих заданному стандарту.

Аналитический обзор показал, что оценка показателей качества, определяемых по визуальной характеристике, является субъективной, и результаты такого анализа зависят от многих факторов (опыт работы и профессиональные навыки лаборанта-исполнителя, освещения, технического совершенства лабораторного оборудования). По

сравнению с традиционными метод, основанный на цифровой обработке изображений, отличается объективностью, точностью, удобством, а также экологически безопасен. Технология обработки изображений может способствовать совершенствованию методов тестирования семян и улучшению стандартов качества и системы сертификации [4].

В настоящей работе была предложена структурная схема построения ОЭА-П, произведен габаритно-энергетический расчет, разработана оптическая принципиальная схема ОЭА-П, выбрана элементная база для реализации макета устройства, описана его конструкция, реализована программное обеспечение для извлечения основных морфологических (побочная ось (Y), главная ось (X), периметр (Perimeter) и площадь (Area)) и цветовых параметров и выделения примеси на изображении, проведены экспериментальные исследования с различными родами примесей.

Рабочее окно реализованной программы представлено на рисунке.

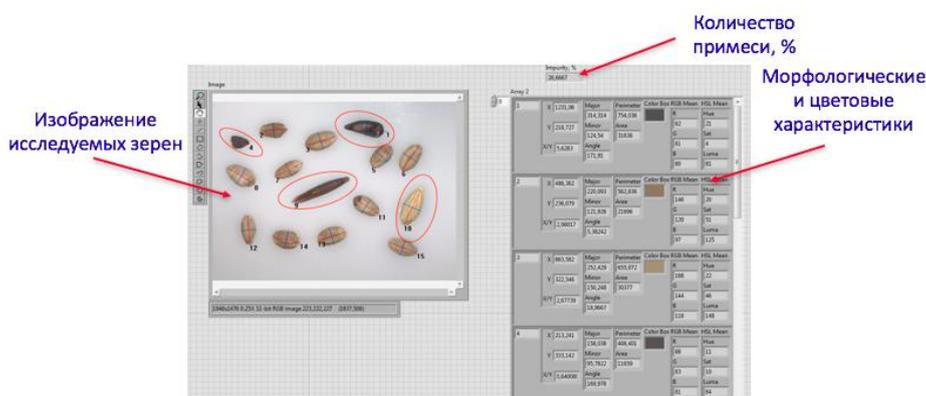


Рисунок. Рабочее окно реализуемой программы

В ходе экспериментальных исследований установлено, какие морфологические и цветовые параметры пшеницы отличают ее от примеси. Сорную примесь можно выделять с помощью цветовых характеристик, так как она значительно темнее зерен пшеницы. Битые семена можно распознать по площади, данный параметр, как показала практика, меньше, чем у зерен пшеницы. Зерновая примесь-ячмень и сорная примесь – овсюг отличаются по морфологическим параметрам и по цветовым.

Практическая значимость заключается в том, что полученные результаты могут стать основой для создания анализаторов качества пшеницы на предприятиях, работающих с зерном.

## Литература

1. Пшеница и оценка ее качества. – Пер. с англ.; под ред. и с предисл. Н.П. Козьминой, Л.Н. Любарского. – М.: Колос, 1968. – 496 с.
2. ГОСТ 10967-90. Зерно. Методы определения запаха и цвета – Введен: 01.07.1991. – М.: Стандартинформ, 2009.
3. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности. – Введен: 30.06.1998. – М.: Стандартинформ, 2009.
4. Лузев, В.С. Видеокomпьютерный анализ зерновых продуктов / В.С. Лузев, Л.В. Устинова, А.Б. Голик, Л.Е. Мелешкина // Второй Всероссийский конгресс зерно переработчиков «Нивы России»: сборник материалов конгресса, Барнаул, 27-29 октября 2003 г. – Барнаул, 2003. – С.75 – 79.



**Шаповалова Александра Вадимовна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра технологии приборостроения,  
группа № Р3477

Направление подготовки: 12.03.01 – Приборостроение  
e-mail: alexandrashapovalova22@gmail.com

**УДК 658.512**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛИТЬЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СРЕДЕ CAD/CAM CATIA V5**

**А.В. Шаповалова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.С. Андреев**

Автоматизация технологической подготовки производства (АТПП) имеет ключевое значение в современном приборостроении, поскольку позволяет обеспечить эффективное комплексное решение всех задач подготовки производства.

Так как CAD/CAM-система обеспечивает интегрированное решение задач построения конструкции изделия и разработки управляющих программ, то применение таких систем в ТПП позволяет повысить производительность и сократить сроки изготовления изделий. В связи с этим работы, связанные с внедрением современных средств автоматизации на стадиях ТПП, являются актуальными.

В рамках выпускной квалификационной работы рассматривается технологическая подготовка литейного производства, где одними из наиболее значимых и сложных задач являются сокращение сроков и повышение качества выпускаемой продукции [1].

В связи со сказанным выше, целью данной работы является проработка этапов технологической подготовки литейного производства с использованием CAD/CAM систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ входных данных при проектировании литейной оснастки;
- трехмерное моделирование конструкции литейной формы;
- разработка управляющей программы обработки формообразующих деталей.

В работе детально прорабатывается этап ТПП, связанный с проектированием и изготовлением технологической оснастки.

Работа состоит из трех разделов. Первый раздел содержит описание этапов технологической подготовки литейного производства. Второй раздел описывает совокупность функционала системы CATIA V5. В последнем разделе подробно рассматривается весь процесс проектирования литейной формы, а именно построение элементов 3D-модели, моделирование сборки и механической обработки формообразующей детали литейной формы.

Если рассматривать литейное производство, то повысить технико-экономическую эффективность можно за счет внедрения на этапе конструкторско-технологической подготовки производства современных информационных технологий, таких как: системы автоматизированного проектирования технологических процессов литья, системы инженерного анализа и моделирования технологических процессов, системы автоматизированного проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ [2].

Поскольку литейное производство является одним из основных видов заготовительной базы приборостроения, то в рамках работы был рассмотрен участок

литья цветных металлов на предприятии ПАО «Техприбор». Завод специализируется на создании бортовой аппаратуры контроля топлива и виброконтроля газотурбинных двигателей. Значительная часть элементов указанной аппаратуры изготавливается методом литья под давлением. Среди различного оборудования в литейном цеху была выбрана литейная машина фирмы DEL CASTING серии CLH 160.01, использование которой позволило получить отливку детали «Корпус». Для данной детали и были выполнены этапы ТПП.

На первом этапе выполнения работы были проанализированы исходные данные на деталь корпус, а именно:

- чертеж детали;
- сборочный чертеж литейной оснастки и спецификация элементов литейной формы;
- детализированные чертежи элементов литейной формы.

Второй этап работы заключался в разработке трехмерной модели литейной оснастки в CAD системе. На рисунке представлен вид модели разомкнутой литейной формы.

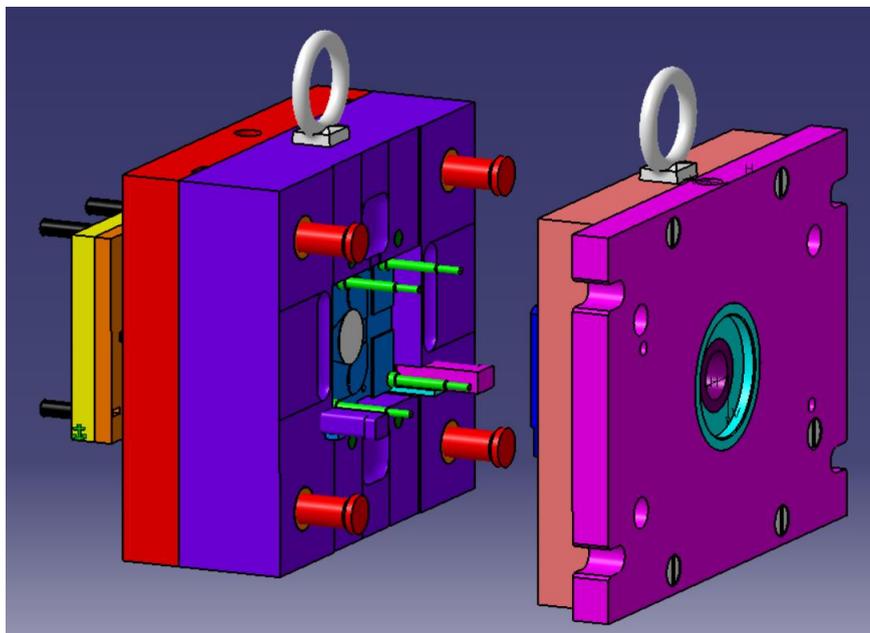


Рисунок. Модель литейной оснастки с разомкнутой формой

В соответствии с конструкторской документацией были построены все элементы литейной формы. При построении учтены литейные уклоны, которые необходимы для облегчения удаления отливки из формы. После построения всех элементов формы было произведено моделирование сборки в соответствии со сборочным чертежом посредством наложения необходимых ограничений. Также был проведен анализ на наличие зазоров между элементами формы и на собираемость формы без дефектов, которые могут вызвать неверную работу литейной формы.

Также в рамках работы проведена разработка управляющей программы для изготовления формообразующей детали литейной формы. На выходе получен NC файл в виде G-кода.

В качестве результатов работы следует выделить следующие пункты:

- по имеющейся документации с ПАО «Техприбор» и ГОСТам на стандартные изделия в CAD-системе CATIA V5 построена 3D-модель литейной формы;

- произведена сборка элементов литевой формы, выполнен анализ столкновений элементов;
- разработана управляющая программа обработки одной из формообразующих деталей литевой формы, на выходе получен G-код.

Для выполнения данной работы была освоена среда CAD/CAM CATIA V5, что позволило произвести моделирование и разработку УП.

Поскольку CAD/CAM-система обеспечивает интегрированное решение задач построения конструкции изделия и разработки управляющих программ, то данная работа подтверждает, что применение таких систем в ТПП позволяет повысить производительность и сократить сроки изготовления изделий. Благодаря согласованным форматам данных можно передавать информацию из одной системы в другую для более обширной разработки проекта, например, для проведения инженерного анализа.

### Литература

1. Валетов В. А., Помпеев К. П. – Технология приборостроения. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013 г. – 234 с.
2. Е.И. Яблочников, А.В. Пирогов, Ю.С. Андреев. Автоматизации ТПП в приборостроении. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 118 с.



**Шелухина Елизавета Андреевна**

Год рождения: 1996

Мегафакультет компьютерных технологий и управления,  
Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника

email: treewithvanillaleaves@gmail.com

**УДК 007.52**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОМИМЕТИЧЕСКОГО РОБОТА-БРОНЕНОСЦА, ЗАЩИЩЕННОГО ОТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

**Е.А. Шелухина**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент П.П. Коваленко**

Работа выполнена в рамках ВКР «Проектирование биомиметического робота-броненосца, защищенного от внешних воздействий».

Помимо основной задачи, для которой создается любая роботизированная система, перед ней так же стоит цель защиты внутренних механизмов и компонентов от внешних раздражителей и факторов окружающей среды. От обеспечения сохранности всех комплектующих зависит качество выполнения основной задачи робота. Обычно для решения этой проблемы создается неподвижный корпус, либо существенно сокращаются области применения робота и возможные условия его работы. Для решения данной инженерной задачи был разработан четырёхногий шагающий робот, имитирующий движение животного броненосца и его реакцию на внешние раздражители, то есть принятие шарообразной формы. Вариантов решения этой задачи существует немного: робот-собака SpotMini, от Boston Dynamics, высота 84 см, длина 55 см, вес 30 кг, комплектующие защищены только прочными бамперами от ударов, оснащен системой автономного технического зрения, свободно ориентируется в пространстве и способен передвигаться по поверхностям со сложным рельефом, но очень сложен в реализации и имеет большой вес [1]; робот OpenCat, созданный китайским разработчиком Роджонгом Ли, имитирует животное кошку, высота его составляет 15 см, длина 25 см, вес 1 кг, робот передвигается на четырех ногах, оснащен УЗ-сенсором, защита корпуса осуществляется только за счет плоских пластиковых пластин, имитирующих ребра животного [2]; гексопод Morphex, лаборатория Zenta Robots. В состоянии шара имеет радиус 30 см, в развернутом высота составляет 40 см, весит 5 кг, передвигается при помощи шести конечностей, в защитном режиме почти полностью защищен от внешней среды, но управление происходит только программируемым способом, либо при помощи пульта управления [3].

В живой природе броня броненосца служит для защиты животного от колючих растений и хищников. Броневые пластины состоят из прочных костяных пластин, покрытых сверху ороговевшим эпидермисом. Броня животного состоит из семи пластин разной формы, размера и назначения. Было решено разбить пластиковый корпус на такое же количество пластин. Но так как в головной части нужно расположить датчики, необходимые для ориентирования в пространстве, то голова почти полностью уходит в корпус при сворачивании, оставляя снаружи только затылочную часть, свободную от датчиков. В качестве материала корпуса был выбран пластик АБС.

Для имитации движения четырехногого существа была разработана модель, состоящая из соединенных шарнирами жестких стержней. Нога содержит в себе 3 сустава и точку контакта с землей. Особенность данной конструкции в том, что она упрощенная: только два сустава приводятся в движение непосредственно сервомотором – тазобедренный сустав и колено. Лодыжка приводится в действие пассивно, путем действия механизма, состоящего из двух пружин и одного стержня. Конструкция из пружин используется здесь, потому что, позволяет снизить нагрузку на кости и суставы с помощью натянутого троса. Демпфирование нагрузки при опоре на стопу происходит за счет пружины кручения [4, 5].

Следующей задачей был подбор параметров гибкого упругого позвоночника, который бы позволял роботу не сгибаться произвольно, но и был способен согнуться под действием мотора-редуктора. На рис. 1 красным цветом обозначен позвоночник, синим трос, а желтым мотор-редуктор, сматывающий трос.

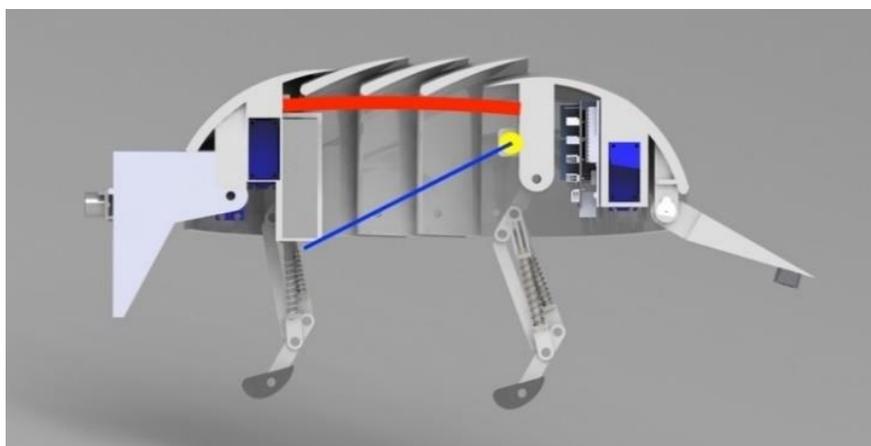


Рис. 1. Устройство в разрезе

Был произведен упрощенный расчет балки, для ситуации, в которой одна из частей броненосца (передняя или задняя) жестко закреплена, а вторая висит в воздухе. В такой ситуации позвоночник не должен произвольно согнуться под весом робота. По результатам расчетов были получены и значения: длина стороны квадрата в сечении 6 мм, длина позвоночника 200 мм.

$$b = \sqrt[4]{\frac{I_{\min}}{12}} = \sqrt[4]{\frac{10806,68}{12}} = 5,5 \text{ мм, округлим до 6 мм; [5]}$$

Следующим шагом в расчете позвоночника было обеспечение возможности позвоночника вернуть робота в изначальное (развернутое) положение при ослаблении силы натяжения троса. Для этого был произведен расчет ширины сечения позвоночника, как пластинчатой пружины изгиба.

$$b = \frac{6P_3L_0}{s^2[\sigma_{из}]} = \frac{6 \cdot 5 \cdot 200}{62 \cdot 28} = 5,95, \text{ округлим до 6 мм. ; [5]}$$

На рис. 2 представлена окончательная модель робота-броненосца в режиме ходьбы и в режиме защиты.



Рис. 2. Окончательный вид устройства

В ходе проделанной работы был спроектирован робот, защищающийся от внешних воздействий путем принятия шарообразной формы. Удерживает свернутое положение с помощью электромагнита, находящегося на хвостовой части робота, он притягивается к стальной пластине, расположенной на головной части, и за счет этого робот удерживает шарообразную форму. В дальнейшем робот может использоваться для сбора информации, мимикрируя под часть окружающей среды. В дальнейшей работе над данным устройством планируется снабдить робота возможностью выходить из режима защиты, становясь на ноги.

### Литература

1. Halvorsen, Kåre Zenta Robotic Creations [Электронный ресурс] / К. Halvorsen, 2015. – Режим доступа: <http://zentasrobots.com>
2. Li, Rongzhong OpenCat [Электронный ресурс] / R. Li, 2018. – Режим доступа: <https://www.hackster.io/petoi/opencat-845129>
3. BostonDynamics SpotMini [Электронный ресурс] / 2018. – Режим доступа: <https://www.bostondynamics.com/spot-mini>
4. Design Considerations for a Biologically Inspired Compliant Four-Legged Robot [Текст] / К. Radkhah, S. Kurowski, O. von Stryk // Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2009. — 598 – 603 с.
5. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В. И. Феодосьев — Москва: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. – 592 с.



**Ширяев Даниил Сергеевич**

Год рождения: 1996

Факультет лазерной и световой инженерии,  
кафедра световых технологий и оптоэлектроники,  
группа № В3432

Направление подготовки: 16.03.01 – Техническая физика

e-mail: daniil\_shiryaev@niuitmo.ru

**УДК 621.391.63**

## **РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ЧАСТИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПО ВИДИМОМУ СВЕТУ**

**Д.С. Ширяев**

**Научный руководитель – зав. лаб. С.А. Щеглов**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 370126 «Разработка комплекса беспроводной системы передачи данных по технологии Li-Fi для интернета вещей и интеллектуальной световой среды в городском пространстве».

В настоящее время появляются новые технологии организации высокоскоростных беспроводных сетей. Одной из таких технологий является Li-Fi (Light Fidelity), предполагающая использование светодиодного освещения для беспроводной передачи данных [1]. Чаще всего в качестве источников излучения используются светодиоды, в состав которых входит синий светоизлучающий чип, на который нанесён жёлтый люминофор [2]. Однако, посредством светодиодов такой конструкции можно реализовать только один канал передачи данных, так как модулируется весь его спектр излучения. Альтернативными источниками излучения белого света являются светодиоды, содержащие три отдельных светоизлучающих чипа RGB (Red, Green, Blue). Они позволяют вести передачу данных либо по нескольким каналам (цветам), либо по одному каналу, но с большей эффективностью, чем для светодиода, содержащего один чип, покрытый люминофором [3].

В данной работе рассматриваются спектральные, энергетические и ВЧ-характеристики RGBW (red, green, blue, white) светодиода CREE CLD-DS58 для использования в сети Li-Fi.

Для определения канала, по которому выгоднее всего вести передачу энергетически, были проведены измерения вольтамперных характеристик (ВАХ) каждого чипа, выбранного RGBW светодиода. Рабочий ток для каждого чипа в светодиоде составил 350 мА, рабочие напряжения  $U_R = 2.2$  В,  $U_G = 3.1$  В,  $U_B = U_W = 3.1$  В. Отсюда следует, что канал передачи по красному цвету ( $I_R = 350$  мА,  $U_R = 2.2$  В) является наиболее выгодным с точки зрения затрат электрической энергии.

Были исследованы спектральные характеристики выбранного RGBW светодиода. Получены максимумы интенсивности излучения: красный –  $\lambda_R = 630$  нм, зеленый –  $\lambda_G = 529$  нм, синий –  $\lambda_B = 453$  нм. Поток излучения для красного чипа составил  $\Phi_R = 1.8$  мВт, для зеленого  $\Phi_G = 0.7$  мВт, для синего  $\Phi_B = 12.3$  мВт. Поток от красного чипа в несколько раз меньше, чем от синего, однако с учетом ВАХ чипа, красный канал остается наиболее эффективным.

Были проведены измерения фототока кремниевого фотодиода ThorLabs FDS-100 при облучении его RGBW светодиодом, при подключении каждого канала отдельно. Результаты измерений приведены в табл. Измерения проводились для системы светодиод – фотодиод, размещенных друг от друга на расстоянии 6 см.

Значения токов и напряжений на каждом чипе подбирались так, чтобы оптическая мощность излучения каждого чипа была одинакова.

Таблица

**Значения фототока, протекающего через фотодиод**

Чип	Ток протекающий через чип ( $I_D$ ), мА	Падение напряжения на чипе ( $U_D$ ), В	Фототок ( $I_F$ ), мкА
Красный	270	2.1	67
Зеленый	350	3.3	34
Голубой	190	2.9	38

Из полученных данных измерений следует, что при использовании красного канала, приемник в виде фотодиода ThorLabs FDS-100 будет иметь самую высокую чувствительность.

По результатам исследований энергетических и спектральных характеристик RGBW светодиода CLD-DS58 оптимальным для передачи данных является красный канал, излучающий на длине волны  $\lambda_R = 630$  нм.

Были проведены исследования ВЧ-характеристик RGBW светодиода. Измерены сопротивление и емкость красного чипа в рабочей точке ( $U_{см} = 2.1$  В,  $I = 350$  мА), которые составили  $R = 8$  Ом и  $C = 70$  пФ. Измерения выполнялись с помощью RLC-метра компании Rohde&Shwartz HM8118.

Используя данные измерений емкости и сопротивления красного чипа светодиода, был проведён расчет схемы согласования сопротивлений светодиода и ВЧ-тракта для эффективной модуляции информационным ВЧ-сигналом.

В схеме согласования на рис. 1 используется трансформатор (T1) с коэффициентом трансформации  $k = 2$  для повышения активной части сопротивления светодиода, Г-образная согласующая цепь на реактивных элементах (L1, C1), и резистор R1 для расширения полосы согласования. Номиналы элементов:  $R1 = 5.6$  Ом,  $L1 = 250$  нГн,  $C1 = 220$  пФ.

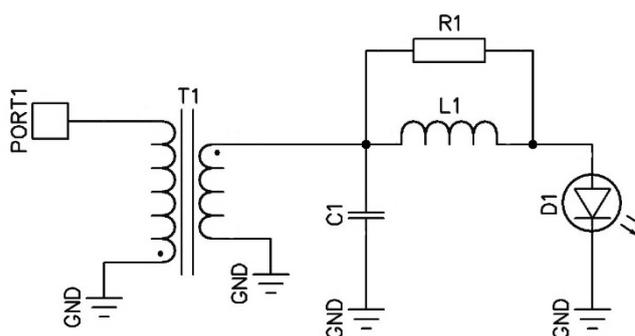


Рис. 1. Согласующая схема для светодиода CLD-DS58

Для разработанной схемы была рассчитана топология платы: материал подложки – стеклотекстолит FR4 с диэлектрической постоянной равной  $\epsilon = 4.5$ ; материал проводника – золото с проводимостью  $\gamma = 4.1 \cdot 10^7$  См/м; толщина подложки –  $H = 0.2$  мм; толщина фольги –  $T = 18$  мкм; ширина микрополоска –  $W = 0.4$  мм; тангенс угла потерь в диэлектрике –  $tg_L = 0.017$ .

Для оценки уровня согласования в схеме использовалась частотная зависимость коэффициента отражения, рассчитанная с учетом топологии платы, приведенная

на рис. 2. Максимальным допустимым значением коэффициента отражения было принято  $-8$  дБ, так как при этом значении коэффициента отражения в нагрузку поступает около 90 % мощности. Как видно из графика, согласование достигается во всем исследуемом диапазоне частот.

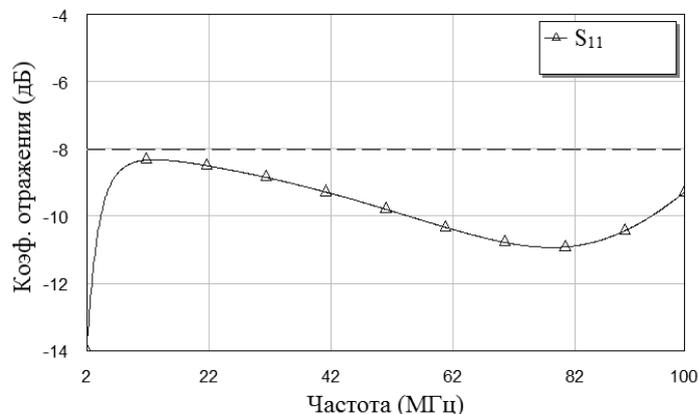


Рис. 2. График частотной зависимости коэффициента отражения

В результате проделанной работы была разработана схема модуляции красного канала RGBW светодиода CLD-DS58, позволяющая достичь согласования в частотном диапазоне до 100 МГц. Однако максимальная скорость передачи данных ограничена полосой пропускания светодиода, которая составляет около 45 МГц, что может обеспечить скорости передачи данных в канале связи до 45 Мбит/с. Направлением дальнейшего развития является реализация параллельной передачи данных по нескольким каналам по технологии Li-Fi.

### Литература

1. Н. Хаас, What is Li-Fi? / Н. Хаас, L. Yin, Y. Wang, C. Chen // Journal of Lightwave Technology – 2016 – Vol. 34 – P. 1533 – 1544.
2. 80 Mbit/s visible light communications using pre-equalized white LED / Le Minh H., Brien D. O., Faulkner G et al. // Optical Communication – 2008 – P. 1 – 2.
3. 3.4 Gbit/s visible optical wireless transmission based on RGB LED / G. Cossu, A. M. Khalid, P. Choudhury et al. // Optics Express – 2012 – Vol. 20 – P. 501 – 506.



**Шляхтин Егор Сергеевич**

Год рождения: 1997

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника  
и робототехника

e-mail: shljakhtinegor@rambler.ru

**УДК 64.066.22; 620.92**

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ  
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ПО ИСТОЧНИКУ СВЕТА**

**Е.С. Шляхтин**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев**

Количество солнечной энергии, поступающей на область территории Российской Федерации (РФ) за три дня, превышает количество энергии, вырабатываемое за весь год. Несмотря на большой потенциал, солнечная энергетика в России слабо развита, в основном из-за большого сосредоточения не возобновляемых источников энергии. Развитие солнечной энергетике в РФ сегодня возможно за счет малоформатных солнечных фотоэлектрических установок для частного сектора.

Идея о создании подобной наиболее эффективной установки стала поводом для выполнения работы, цель которой разработать систему ориентации солнечной фотоэлектрической станции по источнику света, т.к. вырабатываемая мощность такой системы своего максимального значения достигает при перпендикулярном положении панелей относительно солнечных лучей.

Для определения задач и дальнейших направлений деятельности в работе были рассмотрены готовые решения, такие как SmartFlower POP, поворотное устройство для солнечного энергомодуля, солнечная установка [1 – 3]. Проанализировав данные разработки, был выявлен ряд недостатков, на основе которых сформированы следующие задачи:

- Избежать излишних габаритов установки;
- Обеспечить ориентацию устройства по Солнцу;
- Минимизировать динамические нагрузки, а также учесть действие ветровой нагрузки;
- Устройство должно быть основано на принципе прямого преобразования энергии для независимости от температуры окружающего воздуха и для повышения перспективы использования системы;
- Разработать систему управления исходя из известной и доступной информации расположения Солнца в каждый момент времени и каждый день, и независимо от освещенности командных фотоэлектрических элементов;

На основе данных требований определена необходимая мощность солнечных модулей, исходя из примерного энергопотребления среднестатистического частного дома:

$$P_{\text{сп}} = \frac{E_{\text{п}} * k * P_{\text{инс}}}{E_{\text{инс}}},$$

где  $P_{\text{сп}}$  – мощность солнечной панели, кВт;  $E_{\text{п}}$  – потребляемая энергия, кВт\*час/сутки;  $k = 1,2$  – коэффициент потерь (заряд/разряд аккумулятора, потери в инверторе, потери в

сечении проводов);  $P_{\text{инс}} = 1 \text{ кВт/м}^2$  – мощность инсоляции земной поверхности на единицу площади;  $E_{\text{инс}}$  – среднемесячная инсоляция (табличное значение), кВт/(м<sup>2</sup> сутки).

$$P_{\text{сп}} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 1}{5,78} = 0,623 \text{ кВт};$$

Для ориентации панелей необходимо поддерживать один и тот же заданный угол, учитывая их массу. Целесообразно свести слежение за Солнцем к вращающему движению панелей по двум взаимно перпендикулярным осям. Для угла позиционирования установлена погрешность 5 градусов. Задача ориентирования сводится к сохранению отклонения текущего угла панелей от оптимального угла в пределах 5 градусов. Для минимизации динамических нагрузок в конструкции необходимо обеспечить ее статическое и динамическое уравнивание. При этом уменьшается момент инерции конструкции и необходимый вращающий момент. Использование червячного редуктора позволяет нивелировать воздействие ветра на положение панелей, благодаря свойству самотормозящей передачи, а также увеличивает вращающий момент, что значительно экономит энергию для питания двигателей и повышает эффективность системы. Конструкция опорно-поворотного механизма разработана с учетом воздействия ветрового усилия, действующего в конкретном ветровом районе (Ленобласть):

$$Wm = W_0 * k * C * S,$$

где  $Wm$  – норма величины ветрового усилия;  $W_0 = 42 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}$  – норма ветрового давления, зависящая от скорости ветра и ветрового района;  $k$  – коэффициент пульсаций давления ветрового потока;  $C$  – аэродинамический коэффициент;  $S$  – площадь панели. Тогда:

$$Wm = 42 * 0,5 * 1,2 * 2,255 = 56,8 \text{ кгс} = 557,31 \text{ Н}$$

На основе полученных условий разработаны опоры панелей, подобрано их сечение и материал. Рассчитаны и подобраны подшипники в опорах, разработана поворотная платформа, на которой расположены солнечные панели. Исходя из углового ускорения поворотных частей и их моментов инерции, найдены необходимые вращающие моменты этих частей и на основе каталогов подобраны редуктор и двигатели для управления по углу возвышения и углу азимута. Компоновка всех элементов конструкции выглядит следующим образом (рисунок).

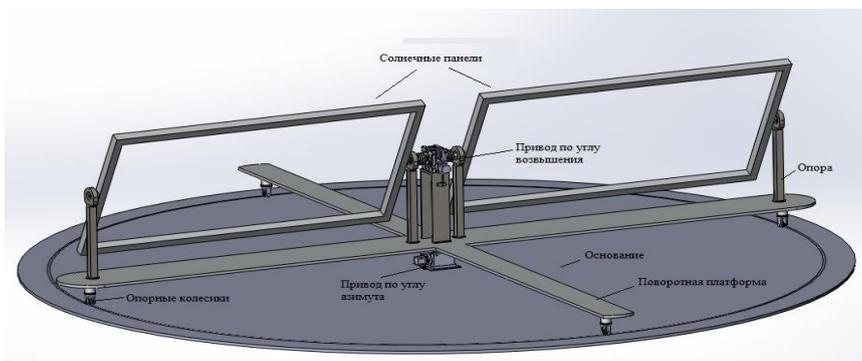


Рисунок. Общий вид конструкции

Система управления строится на основе имеющегося алгоритма движения Солнца, благодаря чему в конкретный момент времени просчитывается требуемое положение солнечных панелей и управляющие импульсы для управляющих приводов, что позволяет менее затратным способом реализовать схему управления с GPS-датчиком без недостатков схемы управления с датчиками освещенности.

В рамках данной работы была разработана система, представляющая собой автономную фотоэлектрическую станцию с ориентацией по Солнцу. Система удовлетворяет поставленным требованиям. Разработанная конструкция опорно-поворотного устройства основана на принципе симметрии, для обеспечения полного уравнивания установки. Высота конструкции не превышает 1,5 метров, что с учетом установленной ветровой нагрузки не оказывает негативного влияния на опоры конструкций. Материалы подобраны с целью уменьшения массы конструкции и увеличения полезной мощности управляющих приводов. Разработанная система позволяет устранить проблемы энергоснабжения частных домов на время дачного периода. В дальнейшем возможна модернизация системы, для обеспечения комплекса потребителей большей мощности, а также круглогодичного обеспечения энергией заявленного объекта.

### Литература

1. Smartflower Solar Power Panels System Cost [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.smartflowerpacific.com>, своб.
2. Пат. 2381426 Российская Федерация, МПК F 24 J 2/54 Поворотное устройство для солнечного энергомодуля [Текст]/ Адамов Д.Н.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество Завод "Красное Знамя" – №2007139419/06; заявл. 25.10.07; опубл. 10.02.10, Бюл. № 4 – 10 с.
3. Пат. 2125686 Российская Федерация, МПК F 24 J 2/38 Солнечная установка [Текст]/ Сидоренко В.П.; заявитель и патентообладатель Сидоренко В.П., Ханин Е.В. – заявл. 15.03.96; опубл. 27.01.99.



**Шураева Оксана Тахировна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника  
и робототехника

e-mail: Burst.19.dsf@gmail.com

**УДК: 608**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЛОКОМОЦИИ ГАСТРОПОДОВ В МЕХАТРОННОМ УСТРОЙСТВЕ**

**О.Т. Шураева**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.С. Монахов**

Работа посвящена исследованию принципов локомоции гастроподов и возможности его применения в мехатронном устройстве. Способ передвижения – одна из основных отличительных черт класса брюхоногих, позволяющая им, пусть и с небольшой скоростью, но преодолевать практически любые препятствия на своём пути, вне зависимости от его текстуры, материала или наклона. Наиболее близко отражающим локомоторные характеристики улиток устройством является Robosnail 2, разработка MIT 2003 года [1 – 3]. Сравнительно простое в механическом плане устройство ставит своей основной целью демонстрацию принципиальной реализуемости адгезивного способа перемещения. В отличие от реальных улиток, нога Robosnail состоит из пяти отдельных скользящих пластин. Каждая из этих пластин продвигается вперёд на сравнительно небольшое заранее заданное расстояние относительно собственного тела, после чего все они возвращаются в исходное положение. Ключевой же особенностью устройства, вызывающей к нему интерес является адгезивная жидкость, придающая ему способность перемещаться по поверхностям под различными углами к горизонту.

В рамках данной работы ставится задача воспроизведения принципов локомоции гастроподов в мехатронном устройстве, для чего в первую очередь необходимо понять отличительные механизмы последнего. Исследование публикаций, посвященных описанию перемещения улиток, а так же наблюдения за реальными представителями вида Ахатина гигантская позволили выявить две основных модели, объясняющие локомоторные характеристики брюхоногих — модель прямой волны и модель ретроградной волны.

Модель прямой волны предполагает, что улитки перемещаются по алгоритму, схожему с гусеницами. За счёт сокращения мышц ноги они создают область сгиба, приподнимая её часть над поверхностью и затем, переносят область сгиба от хвоста к голове, где улитка, отталкиваясь поверхностью своего тела, выпрямляет сгиб, тем самым перенося часть его вперёд, что в простейшем виде реализовано в рамках уже упомянутого устройства Robosnail 2.

Передвижение с использованием ретроградных волн формируется с помощью волн, возникающих на нижней стороне ноги. Движущая сила такой волны генерируется методом, близким к принципам перистальтического насоса и имеет следующий физический механизм: В процессе того, как нижняя часть волны двигается назад относительно улитки, вязкая жидкость перед фронтом волны сдавливается в узкую щель, вызывая тем самым увеличение давления. С другой же стороны жидкость, находящаяся позади волнового фронта, попадает в постепенно расширяющуюся

область, что вызывает понижение давления муцина в пределах впадин волны. Совокупно, эти перепады давления начинают действовать по нормали к силе сдавливания/расслабления, создавая ряд источников сил, действующих в направлении, противоположном направлению движения волны. Считается, что данная модель является более точным описанием локомоторного принципа улиток, однако споры относительно этого вопроса до сих пор ведутся. Возможно, проведение практических испытаний с помощью биомиметического робота улитки позволит более глубоко изучить принципы перемещения брюхоногих.

Основываясь на уравнениях Навье-Стокса, описывающих гидродинамические характеристики ньютоновских жидкостей в условиях сжатия между двумя поверхностями, можно вывести упрощенное уравнение движения улитки, использующей в качестве механизма перемещения модель ретроградной волны:

$$V_s = \frac{h^3 p}{12\mu\lambda} - \frac{hmgsin\varphi}{\mu V_w \lambda b} - V_w$$

где  $p$  – давление;  $\mu$  – вязкость жидкости;  $V_s$  – скорость улитки;  $h(x)$  – толщина зазора между поверхностью и ногой в данной точке;  $V_w$  – скорость движения волны;  $H$  – средняя толщина зазора;  $\lambda$  – длина волны;  $m$  – масса объекта;  $g$  – ускорение свободного падения;  $b$  – ширина ноги;  $\varphi$  – угол наклона объекта относительно горизонта.

На основе изученного предложено биомиметическое решение адаптации принципов перемещения улиток (рис. 1). Для воспроизведения волнообразного движения ноги улитки используется массив пластин из ABS-пластика нанизанных на металлическую спираль, при вращении которой прилегающая к поверхности сторона робота создаёт синусоидальную волну. Для управления направлением движения таких массивов два, и на каждый массив для вращения спирали приходится один электродвигатель постоянного тока.

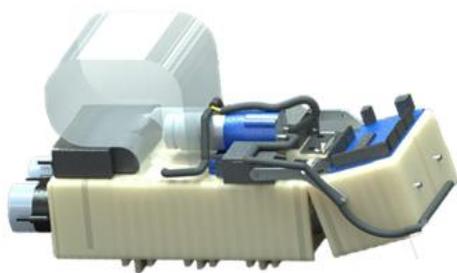


Рис. 1. Трёхмерная модель биомиметического робота улитки

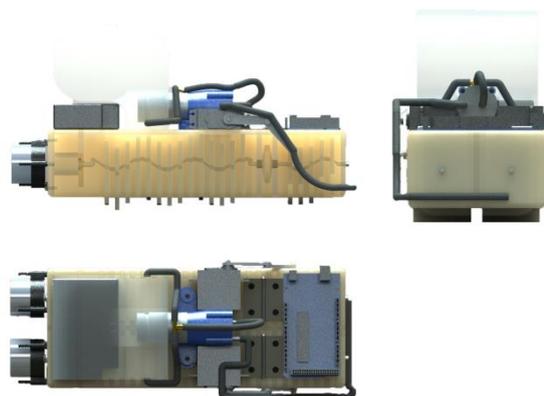


Рис. 2. Проекционные виды биомиметического робота улитки

Для того, чтобы робот мог подниматься на препятствия с резкими перепадами угла его передняя часть имеет возможность подниматься с помощью сервоприводов, установленных на корпусе. Для хранения муцина в комплектацию робота добавлен контейнер, который с помощью ПВХ шлангов соединён через соленоидный поршневой насос с передней частью, благодаря чему при перемещении обеспечивается постоянное смазывание поверхности сцепления адгезионным материалом. Питание двигателей, насоса и контроллера обеспечивает 12-вольтный аккумулятор емкостью 0,8Ач,

обеспечивающий роботу до 80 минут автономной работы. Для обеспечения единого волнового фронта поверхности сцепления тело и голова робота-улитки обтянуты снизу эластичной (нитриловой) прослойкой.

На последнем этапе работы на основе полученных в результате моделирования данных о массогабаритных характеристиках устройства производятся расчёты по формулам Дюпре-Юнга, позволяющие подобрать жидкость с необходимыми адгезионными характеристиками для обеспечения требуемых локомоторных характеристик.

Таким образом, в результате проделанной работы были изучены принципы локомоции гастроподов и предложена конструкция мехатронного устройства, реализующего данные принципы. Дальнейшая работа состоит в создании опытного образца устройства с целью проведения испытаний предложенной конструкции.

### Литература

1. Chan B. Building a better snail: Lubrication and adhesive locomotion // *Physics of Fluids*. – 2005. – V.17. – №11.
2. Zarrouk D., Mann M., Degani N., Yehuda T., Jarbi N., Hess A. Single actuator wave-like robot (SAW): design, modeling, and experiments // *Bioinspiration & Biomimetics*. – 2016. – V.11. – № 4.
3. Kaczorowski P.; Piskorska E.; Olszewska-Słonina D.; Grzešek G. Adhesive Movement Characteristics of the Snail *Achatina fulica* // *Folia Biologica*. – 2017. – V65. – №3. – P.133-135.



**Юсупова Анастасия Юрьевна**

Год рождения: 1996

Факультет систем управления и робототехники,  
кафедра мехатроники,  
группа № Р3425

Направление подготовки: 15.03.06 – Мехатроника

e-mail: cool.yusupowa@yandex.ru

**УДК: 62-1/-9; 007.51; 681.3.021.**

**РАЗРАБОТКА БИОМЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ  
ПО ДЕТЕКТИРОВАНИЮ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА  
С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗРЕНИЯ**

**А.Ю. Юсупова**

**Научный руководитель – к.т.н. М.Ю. Сачков**

Передвижение по городу для слабовидящих людей, учитывая транспорт и состояние дорог, довольно проблематично. Трость может обнаруживать препятствия на расстоянии не более метра, что накладывает большие ограничения. Важной проблемой для слепых людей является защита головы и обнаружение опасностей в этой зоне. Актуальность настоящей работы заключается в разработке трехмерной модели устройства, обладающего улучшенными технико-экономическими параметрами в сравнении с аналогами. В большинстве аналогов используется трость, разрабатываемый прототип обладает универсальным креплением, позволяющим располагать устройство на одежде или теле человека. Разрабатываемый модуль предназначен для защиты верхней части тела от повреждений во время передвижения слепого человека в городской среде, предупреждения об опасности в ближней и дальней зонах [1 – 5].

Совокупность получаемых ощущений формирует в сознании целостную картину окружающей действительности, но при ухудшении одного из «анализаторов» происходит автоматическое включение биологических компенсаторных функций организма. Последние исследования экспериментально подтверждают, что утраченные зрительные функции замещаются большей частью тактильными. На данном этапе более лаконичным решением выглядит использование вибрации в качестве раздражителя, так как это наиболее универсальный вариант, не требующий дополнительной настройки технических устройств [2 – 4].

Обеспечение работоспособности изделия на базе ультразвукового сенсора НС-SR04 накладывает ограничения на акустическую прозрачность среды распространения волн. Угол расхождения волн –  $\varphi$  в среде зависит от соотношения длины волны ультразвуковых колебаний –  $\lambda$  и диаметра излучателя –  $d$ , которые связаны соотношением  $\varphi = \arcsin 0,61 \frac{\lambda}{d} = 23,817^\circ$ , где  $\lambda = 8,27\text{мм}$ . Максимальное теоретическое значение угла расхождения ограничено  $15^\circ$ , заявленными в документации к сенсору.

Устройство должно работать в ближней и дальней зонах. Протяженность ближней зоны с учётом угла расхождения волн равного  $15^\circ$  и охватываемой высоты 70 см равна 265 см. Анализ углов падения и отражения при детектировании с помощью ультразвукового сенсора при расстоянии между сенсором и объектом в 200 мм определяет максимальный угол поворота препятствия к оси излучения в пределах  $6^\circ$ . Рассчитанная лучевая разрешающая способность сенсора составляет 12,4 мм,

фронтальная разрешающая способность – 3,97 мм, ограниченная 3 мм, заявленными в документации.

Расчёт расстояния до препятствия производится по формуле:

$$L = \frac{V * Echo}{2}$$

где  $L$  – расстояние (м),  $V$  – скорость звука в воздухе (м/с),  $Echo$  – время ожидания эха отражённой волны (с). Максимальная дистанция с учетом периода между импульсами 50 мс и коэффициента затухания 0,84 дБ/м равна 7,2 м.

В разрабатываемом устройстве используется ультразвуковой дальномер, выходной сигнал с которого имеет характерные недостатки: многократное отражение сигнала от препятствия, шум сигнала, выбросы и импульсные помехи. Обработка сигнала выполнялась посредством медианного фильтра и фильтра Калмана. На макете устройства с сенсором HCSR-04 протестирован медианный фильтр с постоянным и скользящим окном для ширины окна 15, 21 и 45 значений. Данный тип фильтра успешно устраняет импульсные выбросы на выходе с сенсора.

Реализация фильтра Калмана основана на рекуррентной формуле:

$$x_{k+1}^{opt} = K * z_{k+1} + (1 - K) * (x_k^{opt} + u_k),$$

где  $x_{k+1}^{opt}$  – отфильтрованное значение,  $z_{k+1}$  – показания сенсора,  $u_k$  – известная величина, контролирующая систему (в данном случае скорость обмена данными),  $K$  – коэффициент Калмана. На основе полученных данных можно сказать, что фильтр Калмана не может эффективно использоваться в подобных задачах. Фильтрация существенно уменьшает шумы, но реагирует на выбросы. Ошибка сенсора увеличивается на больших дистанциях, и перед началом работы необходим пересчет коэффициента Калмана. Значение сигнала на выходе зависит от предыдущих, и требуемое значение может быть получено спустя несколько десятков итераций.

При разработке компоновки осуществлена минимизация габаритов, массы, универсальность крепления с учетом применения доступных компонентов. Снижение массы модуля возможно при использовании технологий быстрого прототипирования. Универсальность крепления обеспечивается съемным ремнем и использованием разъёмного соединения типа ласточкин хвост. Модуль имеет габариты 90x30x60 мм, его вес составляет 240 гр (рисунок).

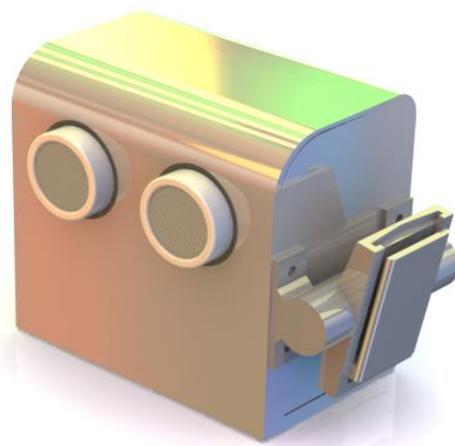


Рисунок. Внешний вид устройства

Программа управления реализована в среде MATLAB. На основе разработанного алгоритма сгенерирован код на языке «Си», который может быть загружен на микроконтроллер. Рассчитанное время автономной работы устройства составляет 6,6 часов.

Разработанное устройство сообщает пользователю о препятствиях в ближней (до 265 см) и в дальней (до 4 м) зонах с помощью вибрации. Устройство оснащено универсальным креплением, позволяющим располагать его на теле и одежде человека. В ходе работы были рассмотрены методы передачи информации лицам с ограниченными возможностями зрения, рассчитаны геометрические параметры охватываемой области и определен принцип детектирования неподвижных препятствий с различными коэффициентами отражения. Получены результаты обработки сигнала ультразвукового сенсора медианным фильтром и фильтром Калмана, спроектированы 3D-модели деталей устройства. Разработан алгоритм управления, рассчитано время автономной работы. В дальнейшем планируется изготовление устройства, а также возможность его реализации в общественных организациях для слабовидящих людей.

### Литература

1. Devillard, N. Fast median search: an ANSI C implementation [Текст] / Devillard, N. – 1998. – 14 с.
2. Киселев Д.Ю., И.М. Макаровский Ультразвуковой эхо-импульсный метод неразрушающего контроля [Текст] / Электронные методические указания к лабораторным работам / Д.Ю. Киселев, И.М. Макаровский. – Самара, 2010. – С. 3
3. Литвак А.Г. Психология слепых и слабовидящих: учеб. пособие [Текст]/ А.Г. Литвак; Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. – СПб.: Изд-во РГПУ, 1998. – 271 с.
4. Матвеев Ю.Н., Симончик К.К., Тропченко А.Ю., Хитров М.В. Цифровая обработка сигналов Учебное пособие по дисциплине "Цифровая обработка сигналов". [Текст]– СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с.
5. Schinazi V. Spatial navigation by congenitally blind individuals. [Текст] / Schinazi V, Thrash T, Chebat D // Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci. – 18.12.2015 г. – 80с.

## СОДЕРЖАНИЕ

**ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА  
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ  
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ БАКАЛАВРОВ**

<b>Вовк Т.А.</b> Лазерное охлаждение нанокристаллов, легированных ионами иттербия.....	6
<b>Кормилина Т.К.</b> Исследование энергетической структуры нанопластин селенида кадмия и их гетероструктур.....	9
<b>Масюков М. С.</b> Разработка киральной метаповерхности с управляемыми поляризационными характеристиками в терагерцовом диапазоне частот.....	12
<b>Тепляков Н.В.</b> Внутризонная оптическая активность полупроводниковых нанокристаллов хиральных форм.....	15
<b>Шарило К. Д.</b> Моделирование оптических свойств резонансных Олупроводниковых приборов на основе системы материалов ALGAAS/GAAS ближнего инфракрасного диапазон.....	17
<b>Демченко П.С.</b> Изучение проводимости и спектральных характеристик углеродных нанотрубок при оптической накачке в терагерцовом диапазоне частот методом импульсной терагерцовой спектроскопии.....	21
<b>Мурадова М.Б.</b> Исследование состава микрофлоры национального казахского продукта–шубата.....	24
<b>Рогозина Е.А.</b> Технология рубленых полуфабрикатов на основе мяса страуса.....	27
<b>Яркеев А.С.</b> Использование семантической сети для автодополнения и валидации информации.....	30
<b>Яцук Р.М.</b> Лазерное структурирование титановых сплавов для медицинских применений.....	32

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

<b>Айтуганов Д.А.</b> Разработка алгоритма распределения нестационарной нагрузки.....	36
<b>Ашихмина М.С.</b> Выделение микроорганизмов из растительного сырья и исследование их свойств.....	40
<b>Болтаева Г.Я.</b> Перспективы совершенствования и инфраструктурные риски таможенного администрирования новых макрологистических проектов (на примере проекта «шелковый путь»).....	42

<b>Гаврилова М.В.</b>	
Разработка и изготовление микромеханического гироскопа с вертикальной осью чувствительности.....	45
<b>Двойникова А.А.</b>	
Разработка методики повышения вероятности распознавания в системах биометрической аутентификации пользователей по голосовым характеристикам.....	48
<b>Денис Т.М.</b>	
Сравнительный анализ тенденций и результатов развития малого предпринимательства в России.....	51
<b>Егорова О. А.</b>	
Разработка технологии и состава мягкого сыра типа рикотта.....	54
<b>Касаткин А.Н.</b>	
Исследование конвективных процессов движения потоков воздуха в полости носа при моделировании дыхания.....	57
<b>Копьев Н. О.</b>	
Разработка подвижного манекена.....	60
<b>Коротина М.М.</b>	
Разработка системы управления положением микроробота.....	63
<b>Меинов А.С.</b>	
Разработка программного обеспечения для медицинского устройства.....	67
<b>Овчаров А.О.</b>	
Разработка алгоритма управления механическими системами с минимизацией полной энергии.....	71
<b>Орехов И.А.</b>	
Анализ экономического потенциала каталонии и оценка возможных экономических последствий ее выхода из состава Испании.....	74
<b>Пашнин А.Д.</b>	
Автоматизированная обработка информации о недвижимости с использованием семантической сети.....	78
<b>Пилишкина М. А.</b>	
Евразийский экономический союз как перспективный рынок для экспортно ориентированных малых и средних предприятий Санкт-Петербурга.....	81
<b>Послянова О.Н.</b>	
Исследование и разработка технологии лазерного конфигурирования тонколистовых элементов гироскопических приборов.....	84
<b>Самосова А.М.</b>	
Алгоритм маршрутизации в цифровой пакетной коротковолновой радиосети.....	87
<b>Соловьева А.А.</b>	
Моделирование конструкции гидротормоза и анализ его работы в среде solidworks.....	90
<b>Сысунов Н.Д.</b>	
Разработка алгоритма анализа акустико-эмиссионных данных, полученных при формировании соединений сваркой трением с перемешиванием.....	93
<b>Ушаков А.В.</b>	
Разработка компонентов многоагентной системы для моделирования работы расширенного предприятия.....	96
<b>Халявин А. М.</b>	
Динамические характеристики датчиков нестационарных тепловых потоков.....	99
<b>Чалая Н.С.</b>	
Оценка косвенного экономического эффекта от предоставления целевых субсидий на развитие инновационной деятельности в Санкт-Петербурге.....	102

**ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ БАКАЛАВРОВ**

<b>Алексеев Е.В.</b> Структура и теплофизические свойства волоконно-армированных полимеркомпозитов.....	106
<b>Артемьева И.А.</b> Исследование метода определения фазы квазигармонического сигнала с использованием линейного адаптивного сумматора.....	109
<b>Башмакова К.В.</b> Планирование и управление материально-техническими ресурсами на предприятии.....	111
<b>Белозеров Д.А.</b> Повышение точности позиционирования захвата промышленного робота-манипулятора.....	115
<b>Бондарев Н.С.</b> Исследование системы управления электропривода гексакоптера.....	118
<b>Борботько В.А.</b> Разработка программы расчета промежуточных диаметральных размеров.....	121
<b>Бочарова О.В.</b> Разработка технологии напитка, обогащённого липосомальной формой коэнзима Q10 (убихинона).....	124
<b>Братчиков С.А.</b> Исследование системы управления электропривода робота-манипулятора.....	127
<b>Бурков Н.Ю.</b> Разработка веб-системы проектирования печатных плат с поддержкой внешних хранилищ электронных компонентов.....	130
<b>Быков И.П.</b> Разработка системы защищенного управления электроприводом.....	133
<b>Ванчуренков К.С.</b> Разработка симулятора мехатронного образовательного комплекса.....	136
<b>Василевская С.А.</b> Разработка конструкции термостабильного объектива.....	139
<b>Вдовиченко Д.С.</b> Исследование влияния фазового смещения сигналов развёртки на характеристики трёхфазного трёхуровневого инвертора напряжения с многозонной модуляцией.....	141
<b>Воробьева Л.И.</b> Разработка программного модуля ввода информации о конструктивных особенностях, линейных и угловых размерах осесимметричных деталей.....	144
<b>Герасименко В.С.</b> Расчет распространения света в оптических Квантовых схемах с тепловым управлением.....	147
<b>Гожальский Д.И.</b> Люминесценция нанокристаллов, нагреваемых сфокусированным световым пучком.....	150
<b>Голубев Я. Д.</b> Исследование режима воздействия сдвоенных фемтосекундных лазерных импульсов на поверхность металлов.....	153

---

<b>Грачкова Е. Ю.</b> Лазерно индуцированное изменение смачиваемости поверхности конструкционных материалов.....	156
<b>Залесская Ю. К.</b> Исследование применения волоконных брэгговских решёток с наклонными штрихами для одновременного измерения температуры и деформации.....	159
<b>Затеева П.А.</b> Продвижение узкоспециализированной продукции на основе интернет-коммуникаций.....	162
<b>Зименко К.В.</b> Оптимизация траектории движения исполнительного устройства оборудования с чпу.....	165
<b>Кагиян О.А.</b> Оптимизация движения материальных потоков на предприятии.....	168
<b>Карпова А.А.</b> Влияние кулоновского взаимодействия носителей заряда в волноводной области на порог инверсии лазера на квантовых ямах.....	172
<b>Костюгин С. А.</b> Разработка состава и технологии производства сулфе из топленого молока.....	175
<b>Крутякова А.А.</b> Алгоритм управления квадрокоптером и мобильным роботом при их совместной работе.....	179
<b>Кузык К.И.</b> Повышение эффективности деятельности компании за счёт совершенствования системы управления запасами.....	182
<b>Лабчук Т.С.</b> Разработка алгоритма проектирования захватных устройств робота-манипулятора для извлечения заготовок литьевого производства.....	185
<b>Лагун С.А.</b> Разработка маркетинговой стратегии для строительного предприятия.....	188
<b>Литвинов Е.А.</b> Разработка искусственной среды с близким к нулю показателем преломления в терагерцовом диапазоне частот.....	191
<b>Лиференко Е.А.</b> Разработка состава и рецептуры молочной основы для производства чизкейка.....	194
<b>Лукс В.А.</b> Разработка программного модуля ввода конструкторско-технологической информации о цилиндрических поверхностях осесимметричных деталей.....	196
<b>Малина Д.С.</b> Обоснование экономической целесообразности разработки оптико-электронных систем экспресс-анализа и контроля пищевого сырья и готовой продукции для производственных лабораторий.....	199
<b>Нгуен Х.Х.</b> Измерение расстояния до препятствия по видеоизображению.....	202
<b>Нестеренко А.</b> Разработка ресурсосберегающей технологии обработки мясных порций на разрядно-импульсной установке.....	205
<b>Парфенов Г. А.</b> Неопределенность восстановления нестационарных температур тел путем решения обратных задач теплопроводности.....	208

---

<b>Пихота Н.С.</b>	
Эффективная волоконная система доставки мощного светодиодного излучения.....	211
<b>Плешков А.А.</b>	
Модернизация программы расчета линейных технологических размеров.....	214
<b>Поддубный В.А.</b>	
Проектирование основания сферического сканера антенны.....	218
<b>Прохоренкова К.Ф.</b>	
Подбор компонентов в состав ферментированного взбитого десерта с мякотью моркови.....	221
<b>Русских В. Ю.</b>	
Разработка рецептуры и технологии кисломолочных напитков с добавлением компонентов семени льна.....	223
<b>Смирнягина И.А.</b>	
Разработка рецептуры и технологии фруктово - ягодного замороженного смузи с творогом.....	226
<b>Стоколяс И.А.</b>	
Автоматизация обработки изображения формата 360 градусов.....	229
<b>Титаренко М. А.</b>	
Методы автофокусировки в системах высокоскоростной видеокапеллярскопии.....	232
<b>Тихонов П.А.</b>	
Алияние жесткости элементов технологической системы на погрешность формы цилиндрических валов при их токарной обработке.....	234
<b>Усков И.В.</b>	
Использование семантической сети для поиска числовых данных.....	237
<b>Усманова Ф.С.</b>	
Оптоэлектронная система анализа степени самоподобия визуального окружения человека.....	239
<b>Устюгов И.А.</b>	
Проектирование подводного телеуправляемого необитаемого аппарата.....	243
<b>Фартуков С.</b>	
Разработка технологии и режимов сушки шиповника с наложением ультразвука.....	246
<b>Цапов А.В.</b>	
Разработка устройства для дистанционного управления при помощи жестов.....	248
<b>Цибин А.И.</b>	
Разработка информационной системы создания, сдачи и проверки заданий по дисциплине "программирование".....	251
<b>Цыпуштанова Е.С.</b>	
Исследование телевизионного оптико-электронного анализатора качества пшеницы.....	254
<b>Шаповалова А.В.</b>	
Технологическая подготовка литьевого производства в среде cad/cam catia v5.....	256
<b>Шелухина Е. А.</b>	
Проектирование биомиметического робота-броненосца, защищенного от внешних воздействий.....	259
<b>Ширяев Д.С.</b>	
Разработка схемы для передающей части беспроводной системы связи по видимому свету.....	262

---

<b>Шляхтин Е.С.</b>	
Разработка системы ориентации солнечной фотоэлектрической станции по источнику света.....	265
<b>Шураева О.Т.</b>	
Применение принципов локомоции гастроподов в мехатронном устройстве.....	268
<b>Юсупова А.Ю.</b>	
Разработка биомехатронного модуля по детектированию препятствий для человека с ограниченными возможностями зрения.....	271

**Аннотированный сборник  
научно-исследовательских  
выпускных квалификационных  
работ бакалавров  
Университета ИТМО**

Сборник трудов

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Дизайн обложки

Зав. РИО

Верстка

Подписано к печати 19.11.2018

Заказ № 4148

Тираж 100 экз.

Н.А. Потехина

Н.Ф. Гусарова

Я.Я. Платунова